

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Alimentos



**“EVALUACIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL SACHA
CULANTRO (*Eryngium foetidum* L.) SECADO, DESHIDRATADO Y
LIOFILIZADO”**

TESIS

Para optar el título de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

AMBICHO ARCE MERLI LILIANA
PROMOCION 2007 - II

**“UNASINOS LIDERANDO AL CAMBIO PARA EL DESARROLLO DEL
PAIS – RICKI LINARES DOMÍNGUES”**

Tingo María – Perú
2009

J11

A48

Ambicho Arce, Merli L.

Evaluación Durante el Almacenamiento del Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.) Secado, Deshidratado y Liofilizado. Tingo María, 2009

85 h.; 72 cuadros; 15 fgrs.; 48 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

ERYNGIUM FOETIDUM L. / ALMACENAMIENTO / CONSERVACIÓN /
DESHIDRATACIÓN / LIOFILIZACIÓN / SECADO / METODOLOGÍA /
TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 25 de Junio de 2009, a horas 5:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **AMBICHO ARCE, Merli Liliana**, titulada:

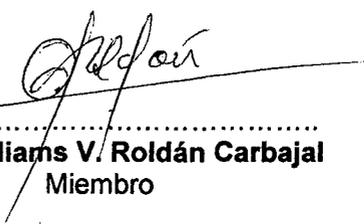
“EVALUACIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL SACHA CULANTRO (*Eryngium foetidum* L.) SECADO, DESHIDRATADO Y LIOFILIZADO”

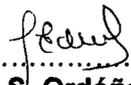
Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**, en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto Actualizado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 25 de Junio de 2009


.....
Ing. MSc. Gunter Daza Rengifo
Presidente


.....
Ing. Raida L. Matos Bustamante
Miembro


.....
Ing. Williams V. Roldán Carbajal
Miembro


.....
Dra. Elizabeth S. Ordóñez Gómez
Asesora

DEDICATORIA

A Dios

Con todo mi amor e inmensa gratitud al Señor y dueño de todas las cosas, quien me dio la vida y la oportunidad de culminar mi carrera profesional.

A mi hermano

Con quien he compartido los mejores momentos y para quien espero ser una motivación de esfuerzo y superación; con todo mi cariño: *Anthony.*

A mis padres

Para quienes me faltan palabras y me sobran razones de agradecimiento por todo el apoyo incondicional que me han brindando, los valores que me inculcaron y por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles: *Prudencio y Elva.*

A mi profesor

Con profundo respeto y admiración para quien fue parte importante en los primeros años de mi vida y educación, por ser un ejemplo: *Jorge Chávez.*

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por haber contribuido en mi formación profesional.
- A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias por los conocimientos impartidos en las aulas.
- A la Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez asesora del trabajo de investigación, por su invaluable apoyo, esmero y dedicación en la realización del presente trabajo y por su amistad.
- Al personal de los laboratorios de la UNAS, en especial de Nutrición Humana, Química y Tecnología de Carnes por las facilidades que me brindaron para la realización de los análisis ejecutados.
- A mis amigos, quienes de alguna u otra manera formaron parte de la realización de este trabajo de investigación: Jackeline, José Antonio, Justo, Oscar, Sissy, Erix y Mélida.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades del sachá culantro.....	3
2.1.1. Descripción y clasificación taxonómica.....	3
2.1.2. Origen y distribución.....	4
2.1.3. Identificación y descripción botánica.....	4
2.1.4. Composición química.....	5
2.1.5. Constituyentes principales.....	6
2.1.6. Utilización y comercialización.....	7
2.2. Especies y hierbas aromáticas.....	7
2.2.1. Definición de términos.....	7
2.2.2. Generalidades de las especias.....	8
2.2.3. Aspectos de calidad de las especias.....	10
2.2.4. Influencia del proceso sobre la calidad de las especias.....	11
2.3. El secado y la deshidratación de los alimentos.....	13
2.3.1. Consideraciones teóricas.....	13
2.3.2. Mecanismo de la deshidratación.....	14
2.3.3. Secado de los alimentos.....	15

2.3.4. Factores que intervienen en la deshidratación.	17
2.3.5. Tratamientos previos y posteriores al secado de alimentos. ..	18
2.3.6. Deshidratación de las hierbas y especias.....	19
2.3.7. Secado solar.....	21
2.3.8. Liofilización.	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Lugar de ejecución.....	26
3.2. Materia prima.	26
3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.	26
3.3.1. Materiales de laboratorio y/o proceso.....	26
3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso.	27
3.4. Métodos de análisis.	28
3.4.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.	28
3.4.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.....	29
3.5. Metodología experimental.	29
3.5.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.	29
3.5.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.....	35
IV. RESULTADOS.	38
4.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.....	38

4.1.1. Proceso de secado.....	38
4.1.2. Evaluación fisicoquímico.....	39
4.1.3. Evaluación sensorial.....	43
4.2. Evaluación del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.....	45
4.2.1. Evaluación fisicoquímico.....	46
4.2.2. Evaluación sensorial.....	50
4.2.3. Evaluación microbiológica.....	52
V. DISCUSIONES.....	53
5.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.....	53
5.1.1. Proceso de secado.....	53
5.1.2. Evaluación fisicoquímico.....	55
5.1.3. Evaluación sensorial.....	61
5.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.....	64
5.2.1. Evaluación fisicoquímico.....	64
5.2.2. Evaluación sensorial.....	70
5.2.3. Evaluación microbiológica.....	73
VI. CONCLUSIONES.....	75
VII. RECOMENDACIONES.....	76
VIII. ABSTRAC.....	77
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	79
X. ANEXO.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Composición química del sachá culantro	5
2. Composición química de algunas especias.....	9
3. Contenido de humedad de algunas hierbas	20
4. Contenido de humedad en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.....	39
5. Evaluación del pH en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.....	40
6. Comportamiento de la acidez en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.....	41
7. Comportamiento del TBA en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.....	42
8. Contenido de humedad en hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.....	46
9. Comportamiento del pH en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	47
10. Contenido de acidez en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	48
11. Contenido de TBA en hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas durante el almacenamiento	49

12. Resultados del atributo color en sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	50
13. Resultados del atributo aroma en sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	51
14. Resultados del atributo sabor en sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	51
15. Resultados de la evaluación microbiológica del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.....	52
16. Análisis químico proximal de las hojas de sachá culantro fresco	88
17. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	88
18. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento	89
19. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento	89
20. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento	89
21. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	90
22. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado por tipo de secado a 8 días de almacenamiento	90
23. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento	90
24. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento	91

25. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	91
26. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento	91
27. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento	92
28. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento	92
29. ANVA de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	92
30. ANVA de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento	93
31. ANVA de la evaluación de TBA del sachá culantro deshidratado por tipo de secado a 16 días de almacenamiento	94
32. ANVA de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento	94
33. Resultados del análisis sensorial atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	94
34. Resultados del análisis sensorial atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento	95
35. Resultados del análisis sensorial del atributo color sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento	96
36. Resultados del análisis sensorial del atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento	96
37. Resultados del análisis sensorial del atributo aroma del sachá	

culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	96
38. Resultados del análisis sensorial del atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento	97
39. Resultados del análisis sensorial del atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento	98
40. Resultados del análisis sensorial del atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento	98
41. Resultados del análisis sensorial del atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento	98
42. Resultados del análisis sensorial del atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento	99
43. Resultados del análisis sensorial del atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento	99
44. Resultados del análisis sensorial del atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento	99
45. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro deshidratado y liofilizado a 0 días de almacenamiento.....	100
46. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro deshidratado y liofilizado a 10 días de almacenamiento.....	100
47. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro deshidratado y liofilizado a 20 días de almacenamiento.....	100
48. ANVA de la evaluación de humedad del sachá culantro deshidratado y liofilizado a 30 días de almacenamiento.....	101
49. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	101

50. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	101
51. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	102
52. ANVA de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	102
53. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	102
54. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	103
55. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	103
56. ANVA de la evaluación de acidez del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	103
57. ANVA de la evaluación del TBA a del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	104
58. ANVA de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	104
59. ANVA de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	104
60. ANVA de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	105
61. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	105
62. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado,	

liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	106
63. ANVA para el atributo color del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	106
64. ANVA para el atributo color del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	107
65. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	107
66. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	108
67. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	108
68. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	109
69. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento	109
70. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento	110
71. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento	110
72. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento	111

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Pág.
1. Flujograma de operaciones para el proceso de deshidratación	30
2. Diseño experimental para la evaluación de las hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.....	33
3. Diseño experimental para la evaluación del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento	35
4. Comportamiento de la curva de secado y deshidratado de las hojas de sachá culantro.....	39
5. Comportamiento de la humedad de las hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas	40
6. Comportamiento del pH de las hojas de sachá culantro deshidratado y almacenado.....	41
7. Comportamiento de la acidez de las hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas	42
8. Comportamiento del TBA de las hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas	43
9. Comportamiento del atributo color de las hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas	44
10. Comportamiento del atributo aroma de las hojas de sachá culantro	

deshidratadas y almacenadas	45
11. Comportamiento del atributo sabor de las hojas de sachá culantro deshidratadas y almacenadas	45
12. Comportamiento de la humedad de las hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado	46
13. Comportamiento de pH de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado	47
14. Comportamiento de la acidez de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.....	48
15. Comportamiento de TBA en las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado	49

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de carnes y del CIPNA-UNAS, se trabajó con hojas de "sacha culantro" recolectadas de la microcuenca Cueva de las Pavas ubicado en el distrito Mariano Dámaso Beraún, provincia Leoncio Prado de la región Huánuco, para el proceso de secado y deshidratado se tuvo los siguientes parámetros: recepción, cortado/selección, lavado, blanqueado (temperatura de ebullición/3 minutos), oreado (temperatura ambiente/2hr), secado (secado solar y deshidratación en estufa a 45, 55 y 65°C), molido (tamiz 1mm), empacado, sellado en sobres trilaminados y almacenados durante 24 días para evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. De los resultados obtenidos el mejor tratamiento correspondió al deshidratado a 55°C y almacenado por 24 días registrándose los siguientes valores: humedad 7,51%, pH 6,55, acidez 0,82 (ml NaOH), TBA 2,073 (mg malonaldehído/kg muestra), color "verde ligeramente brillante", aroma "ligeramente fuerte" y sabor "me gusta", este mismo tratamiento y la muestra de "sacha culantro" liofilizado (UNALM) fueron almacenados durante 30 días y se consideró al fresco como patrón en cada evaluación, el mejor tratamiento de esta evaluación fue el "sacha culantro" liofilizado con resultados de humedad 6,70%, pH 6,22, acidez 1,28 (ml NaOH), TBA 0.044 (mg malonaldehído/kg muestra), color "verde ligeramente brillante", aroma "ligeramente fuerte" y sabor "me gusta", Numeración de Microorganismos

Aerobios Viables $<10^2$ ufc/g y mohos y levaduras $<10^2$ ufc/g. Comparando el "sacha culantro" secado, deshidratado, liofilizado y el no procesado (fresco); la muestra liofilizada presenta mejores resultados seguido por el deshidratado a 55°C.

I. INTRODUCCIÓN.

El nombre *sacha culantro* (*Eryngium foetidum L.*), proviene del idioma quechua que significa culantro de monte, es una hierba originaria e indígena de América Central y es conocida también como cilantro o culantro, tiene muchos nombres según su hábitad natural, esta hierba se multiplica mediante pequeñas y numerosas semillas, requiere lugares húmedos y algo sombreados para su buen desarrollo. Se reporta que esta hierba es rica en calcio, hierro, caroteno y riboflavina, las hojas son una excelente fuente de vitamina A, B₁ y C. A pesar de su amplia utilización, se comercializa muy poco y la mayor parte de las plantas se obtienen a escala doméstica, cultivadas en patios y jardines, pero no se realizan grandes plantaciones comerciales.

La razón más importante desde el punto de vista técnico por la que secamos las hierbas es su conservación; por este método se promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos. La desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar, para que cautiven y ejerzan la mayor atracción, así serán más apreciadas, más demandadas y sobre todo, mejor pagadas.

En el presente trabajo de investigación se planteó los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de la temperatura en los análisis fisicoquímicos y sensoriales del sachá culantro secado y deshidratado.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas durante el almacenamiento del sachá culantro secado, deshidratado y liofilizado.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Generalidades del sachá culantro.

2.1.1. Descripción y clasificación taxonómica.

Según SÁENZ *et al.* (1997), el sachá culantro (*Eryngium foetidum* L.) es una hierba aromática tropical, que comúnmente se conoce en América central y presenta la siguiente nomenclatura:

Reino : Plantae
Sub reino : Traqueobionta.
División : Magnoliophyta.
Sub división: Spermatophyta.
Clase : Magnoliopsida.
Sub clase : Rosidae.
Orden : Apiales.
Familia : Apiaceae.

Los nombres comunes de esta hierba son numerosas, su denominación es según su habidad natural: Hipoton, culantro, culantro coyote, culantro extranjero, culantro real, alcapate, escorzonera, xamat, silantro cimarrón y recaó.

2.1.2. Origen y distribución.

Según el MINISTERIO DE AGRICULTURA (2006), es una planta nativa de América tropical y las indias occidentales, crece naturalmente en muchas islas del Caribe, donde es abundante en los bosques especialmente en los sitios de tala y quema. A pesar de que la planta crece bien a pleno sol, la mayoría de las plantaciones se produce en partes sombreadas y lugares húmedos; las áreas sombreadas producen plantas con grandes hojas verdes que son más comercializadas debido a su mejor apariencia. Crece en clima tropical, cálido con alta precipitación pluvial y elevada humedad relativa, con suelos arcillosos, areno-arcilloso, con bajo y/o elevado contenido de materia orgánica, con pH neutro a ligeramente ácido, en suelos inundables y de altura, purmas y huertos hortícolas. En el Perú esta ampliamente distribuida en los departamentos de Loreto y Ucayali.

2.1.3. Identificación y descripción botánica.

Stevens *et al.* citado por HANAN y MONDRAGON (2006) mencionan que es una hierba perenne, cuya altura no pasa en promedio de 40 cm; comprende una raíz carnosa, se enraíza a lo largo de forma ramificada; tallo, solitario o varios, simples o ramificados, con o sin hojas; las hojas generalmente todas son basales (a veces algunas sobre el tallo), oblanceoladas, de hasta 30 cm de largo y hasta 5 cm de ancho (generalmente más chicas), angostándose hacia la base, con los márgenes dentados; las flores son pequeñas, blancas a azules o moradas; el cáliz es un tubo que hacia el ápice se divide en 5 lóbulos lanceolados a triangulares, de hasta 1 mm de largo; la corola de 5 pétalos libres, de menos de 1 mm de largo, con el ápice

largo y curvado hacia el centro de la flor; 5 estambres; frutos y semillas, el fruto es globoso, lateralmente comprimido, de hasta 2 mm de diámetro, cada uno conteniendo una semilla.

2.1.4. Composición química.

El MINISTERIO DE AGRICULTURA (2006) menciona que las hojas tienen 87,6% de agua. La composición de 100g de materia seca de las hojas se presenta en el siguiente.

Cuadro 1. Composición química del sachá culantro.

Componente	Unidad	Valor
Valor energético	cal	38,00
Proteínas	g	1,90
Lípidos	g	0,50
Carbohidratos	g	8,10
Fibra	g	2,10
Calcio	mg	195,00
Fósforo	mg	68,00
Fierro	mg	4,90
Caroteno	mg	0,76
Tiamina	mg	0,06
Riboflavina	mg	0,22
Niacina	mg	1,00
Acido ascórbico	mg	0,70

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA (2006).

Según Ramcharam (1999), citado por HEREDIA *et al.* (2002) el sachá culantro es rico en calcio, hierro, caroteno y riboflavina; además que las hojas frescas tienen un 86 - 88 % de humedad, 3,3 % de proteína, 0,6 % de grasa, 6,5 % de carbohidratos, 1,7 % de ceniza, 0,06 % de fósforo y 0,02 % de hierro, 0,95% de volátiles del petróleo, 27,7 % de fibra cruda, 1,23 % de calcio y 25 ppm de Borò. Así mismo también menciona que las hojas son una fuente de vitamina A (10460IU/100 g), B₁ (0.8 mg %), B₂ (60mg%) y C (150-200mg%).

2.1.5. Constituyentes principales.

El aceite esencial de las hojas de cilantro cimarrón es rico en aldehídos alifáticos, la mayor parte son a, b-insaturados. El compuesto principal es E-2-dodecenal (60%), además 2,3, 6-trimetilbenzaldehído (10%), dodecanal (7%) y E-2-tridecenal (5%) han sido identificados.

En el aceite esencial de la raíz, dominan aldehídos alifáticos insaturado o aromáticos (2, 3, 6-trimetilbenzaldehído 40 %, 2-formil-1, 1, 5-trimetil ciclohexa-2, 5-dien-4-ol 10%, 2-formil-1, 1, 5-trimetil ciclohexa-2, 4-dien-6-ol 20% 2, 3, 4-trimetilbenzaldehído).

En el aceite esencial de las semillas, sesquiterpenoides (carotol 20%, b-farneseno 10%), fenilpropanoides (anetol) y monoterpenos (a-pineno) fueron encontrados, pero ningún aldehído fue cuantificado (RAMCHARAM, 1999).

2.1.6. Utilización y comercialización.

HANAN y MONDRAGÓN (2006) mencionan que las hojas de la planta tienen un sabor parecido al cilantro, pero frecuentemente más fuerte y son más duras, así que se dejan almacenar más tiempo una vez cosechadas. Su uso es común en el trópico mexicano, generalmente a nivel casero, en sustitución del cilantro europeo (*Coriandrum sativum* L.), que no prospera bien en el trópico.

Según RAMCHARAM (1999), las hojas se utilizan como sazonador que dan un sabor aromático y ligeramente picante a las comidas, especialmente las que son a base de pescados se usa sobre sopas, platos de tallarines y curry. Además según MINISTERIO DE AGRICULTURA (2006), el sachaculantro también se utiliza ampliamente en la medicina folklórica, para ello se prepara una infusión de las hojas, su uso es sobre todo contra infecciones respiratorias, fiebres, espasmos, flatulencia, gripe, resfrío, insomnio y vómito. Así mismo, para dolores de estómago o como antipirético, como estimulante del apetito y como acelerador del parto.

2.2. Especies y hierbas aromáticas.

2.2.1. Definición de términos.

Con el fin de precisar el término hierbas GERHARDT (1975) afirma que éstas pueden clasificarse de varias formas, según sus usos, como medicinales, aromáticas, narcóticas, venenosas o como especias. Sin embargo, en términos generales puede decirse que las hierbas se caracterizan porque, de

algún modo, afectan la salud humana al ser ingeridas, absorbidas o al entrar en contacto con la piel.

2.2.1.1. Plantas aromáticas.

En particular, las hierbas aromáticas son aquellas plantas curativas (sus tallos y/u hojas) que estimulan el organismo, son tonificantes, expiden una fragancia característica y sus principios activos están constituidos total o parcialmente por aceites esenciales.

2.2.1.2. Especies.

El término especias, que incluye a las plantas aromáticas desecadas, se refiere a los componentes naturales desecados o a las mezclas de los mismos, utilizados para sazonar, condimentar y dar aroma o sabor a los alimentos. Este término se aplica por igual a las especias enteras, quebradas o molidas.

2.2.2. Generalidades de las especias.

Según GERHARDT (1975), Las especias se incorporan a los alimentos en pequeñas cantidades y los hacen más sabrosos, también estimulan el apetito al favorecer la secreción de las glándulas digestivas, las hierbas y especias consisten en las hojas, flores, brotes, frutas, semillas, cortezas o rizomas secos de diversas plantas. En el Cuadro 2, se presenta la composición química de algunas especias.

Cuadro 2. Composición química de algunas especias.

Especia	Componentes (%)				
	Agua	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra
Albahaca	6,4	14,3	4,0	61,0	17,0
Orégano	7,2	11,0	10,0	64,0	14,0
Perejil	9,0	22,4	4,4	51,0	10,3
Culantro	7,3	21,8	4,8	52,0	10,3
Eneldo	7,3	20,0	4,3	55,8	11,9
Romero	9,3	4,9	15,2	64,0	17,0
Laurel	8,0	13,7	7,0	66,4	23,7

Fuente: AGAPITO (1995).

2.2.2.1. Propiedades físicas y químicas de las especias.

- **Actividad antioxidante.**

TAINTER y GREMS (1996) mencionan que la grasa de los productos cárnicos tienen poca capacidad de conservación y pierde calidad y valor nutritivo con el tiempo, sobreviniendo igualmente cambios de su sabor y aroma claramente manifiestos; aparecen gustos a cebo o a rancio y olores no deseados. Estas degradaciones pueden obedecer a degradación por intervención microbiana o por influencias de tipo químico, en colaboración con el oxígeno, el calor, la luz y vestigios de metales.

Son varias las especias capaces de detener la formación de dichos compuestos e interrumpir en consecuencia el desdoblamiento de la grasa. Parece ser que las especias toman de la grasa el

oxígeno necesario para formar radicales, desarrollando entonces una actividad antioxidante. Así pues va contrarrestar la descomposición por bacterias de las grasas, las especias incorporadas deben hallarse libre de gérmenes, aunque la contaminación de productos cárnicos puede soslayarse en gran medida con la aplicación correctas medidas de higiene.

- **Actividad antimicrobiana.**

Según GERHARDT (1975), la mayor parte de las investigaciones concluyen que el efecto inhibitor de las especias se debe a los componentes principales de sus aceites esenciales. Así mismo, sugiere que debe separarse e identificarse químicamente los componentes activos y que la actividad se debe a los componentes fenólicos de las especias.

2.2.3. Aspectos de calidad de las especias.

TAINTER y GREMS (1996) mencionan que los parámetros de mayor importancia son la limpieza, la seguridad y los aspectos económicos. La seguridad incluye la microbiología y el nivel de humedad, los aspectos económicos conciernen al poder aromatizante y a la granulación. Las pruebas de rutina más corrientemente realizadas con las especias son: contenido de humedad, cenizas, fibra, granulación, aceite volátil y extracto etéreo.

Según la COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS (1995), las especificaciones de los productos terminados, cuando se analicen según métodos apropiados de muestreo y examen los productos:

- Deberán estar exentos de microorganismos patógenos en cantidades que representen un peligro para la salud.
- No deberán contener sustancias originadas por microorganismos, particularmente aflatoxinas, en cantidades que superen las tolerancias o los criterios establecidos.
- No deberán presentar niveles de contaminación por insectos, aves o roedores que indiquen que las especias han sido elaboradas, envasadas o mantenidas en condiciones insalubres.

2.2.4. Influencia del proceso sobre la calidad de las especias.

2.2.4.1. Molienda.

BRENNAN (1998) indica que es en el momento de la molienda cuando las especias pierden más calidad, hecho fácil de apreciar por el aroma que entonces se extiende al medio ambiente. Durante la molturación se produce siempre una pérdida de aceite etéreo y por consiguiente, de calidad; el calor generado por fricciones y rozamientos en el curso del proceso es causa de la volatilización de aceite y por tanto, cuanto mas calor se produce mayor calor escapa. Su pérdida es aún mayor si la molienda se realiza con la colaboración de aire en movimiento; se obtienen buenos índices de calidad si se ha generado poco calor y se mantiene al mínimo la corriente de aire. Las muestras de especias reducidas a polvo por molino doméstico, sin admisión suplementaria de aire, dan más alto contenido de aceite etéreo que las que son molidas por otros procedimientos.

2.2.4.2. Envasado.

Según GERHADT (1975), las especias ya molidas deben envasarse y conservarse según ciertas normas. Se emplean las bolsas de papel apropiadas para la conservación a corto plazo, pero no para la conservación prolongada. Actualmente se prefieren los envases de plástico, de aluminio, de hojalata o de vidrio.

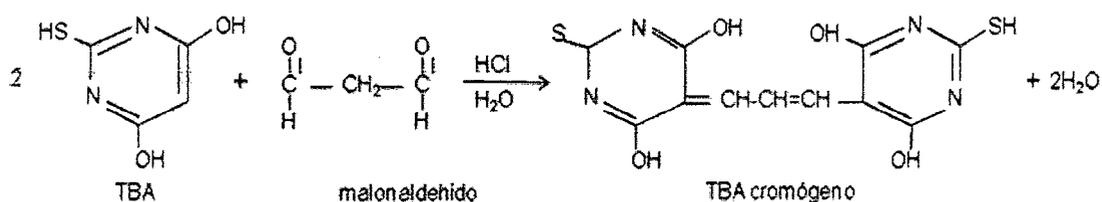
Todo envase para especias debe cumplir con estos tres requisitos:

- Máxima impermeabilidad posible a gases, luz y vapor de agua.
- Ser resistente frente a posibles acciones de las especias molidas que podrían poner en libertad algún componente del material de envase.
- No formar combinación con ningún componente del producto.
- Un material deja de ser apropiado para envase si entre él y su contenido se establece acciones recíprocas. Por eso da tan buen resultado el aluminio, ya que protege al contenido de la luz, evita pérdida de aroma, los aceites etéreos no resultan afectados y el sabor tampoco.

2.2.4.3. Almacenamiento.

Las especias deben ser conservadas en locales secos, frescos y bien aireados, procurando queden preservados de la acción de la luz solar y del polvo y no próximas a otros alimentos a los que fácilmente pueden transmitir olores. Las especias son higroscópicas y por eso incorporan agua en ambientes húmedos y la ceden en los secos, ambos fenómenos se desarrollan hasta que se alcanza en estado de equilibrio.

Según BADUI (1984), la exposición a la luz puede provocar pérdida de vitaminas, disminución de color y degradación de grasas, una de las reacciones que ocurre es la producción de malonaldehído o dialdehído malónico, $\text{OHC-CH}_2\text{CHO}$ y este es uno de los principales productos de la ruptura de los hidroperóxidos provenientes de la oxidación de los ácidos linoleico y araquidónico, y su cuantificación es la base de algunos análisis para detectar el deterioro de las grasas, como ocurre con el método del ácido tiobarbitúrico.



El método del ácido tiobarbitúrico (TBA) es uno de los más empleados, su principio se basa en la reacción de condensación entre dos moléculas de TBA con una de malonaldehído en la que se produce un compuesto cromógeno de color rojo cuya concentración se determina espectroscópicamente a 530 nm.

2.3. El secado y la deshidratación de los alimentos.

2.3.1. Consideraciones teóricas.

Según JUÁREZ (2000), aunque ambos términos se aplican a la eliminación del agua de los alimentos, en la tecnología de los alimentos el término secado se refiere a la desecación natural, como la que se obtiene

exponiendo el producto a la acción del sol y el de deshidratación designa el secado por medios artificiales, como la exposición del producto a una corriente de aire caliente. La deshidratación implica el control sobre las condiciones climáticas dentro de una cámara o el control de un micromedio circundante. Así mismo BRENNAN (1998) utiliza indistintamente los términos “deshidratación”, “deseccación” y “secado” de alimentos, para referirse a la operación unitaria en la que se elimina agua por evaporación o sublimación, casi toda el agua presente en los alimentos, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas.

2.3.2. Mecanismo de la deshidratación.

Según ARTHEY (1992), el secado artificial o mecánico determina mayores gastos pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de buena calidad comercial.

El contenido de humedad del sólido durante su desecación muestra, por lo general, tres fases:

Fase 1: "Estabilización", en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del total tiempo total de secado.

Fase 2: "Período de velocidad constante", durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del

agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie. Durante esta etapa la temperatura del aire puede ser un poco mayor que la temperatura crítica que puede alcanzar la hierba, dentro de ciertos límites.

Fase 3: "período de velocidad decreciente", la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aun se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente. Por lo normal esta fase 3 constituye la mayor proporción del tiempo total del secado.

2.3.3. Secado de los alimentos.

Según BRENNAN (1998), entre los componentes de los alimentos figuran proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, enzimas y sales inorgánicas y muchos de estos componentes están fuertemente hidratados. El agua presente en los alimentos no se encuentra en estado puro, sino que puede estar formando parte de disoluciones de sólidos, de geles y de emulsiones o ligada, de diversos modos a los constituyentes sólidos. Además tanto los tejidos vegetales y animales son de naturaleza celular, hecho que también afecta a su conducta durante la desecación.

2.3.3.1. Movimiento de solutos.

El agua líquida que fluye hacia la superficie durante el secado contiene diversos productos en disolución. El desplazamiento de

algunos compuestos solutos se ve dificultado por las paredes celulares, que actúan como membranas semipermeables. A la migración de sólidos en los alimentos, contribuye también la retracción del producto, que crea presiones en el interior de la pieza.

2.3.3.2. Retracción.

Durante el secado de los tejidos animales y vegetales, por cualquier método, con la posible excepción de la liofilización, se produce cierto grado de retracción del producto. Durante la primera fase de secado, a bajas velocidades, la cuantía de la retracción esta simplemente relacionada con la cantidad de agua eliminada. Hacia el final del mismo, la retracción es cada vez menor, de modo que el tamaño y la forma final (o definitiva) del producto se alcanza antes de terminarse el secado.

2.3.3.3. Formación de costra.

Se ha observado que durante el secado frutas, carnes y pescados, se suele formar una película impermeable y dura en la superficie, lo que normalmente frena el secado, a este fenómeno se le suele denominar encostrado o formación de costra; aunque se desconoce el mecanismo exacto, es probable que este influido por múltiple factores, entre los que figuran la migración de sólidos solubles a la superficie y las elevadas temperaturas que se alcanzan en ella, hacia el final del secado, que inducen complejos cambios físicos y químicos en la capa superficial.

2.3.4. Factores que intervienen en la deshidratación.

Según SINGH (1984), al deshidratar un alimento se tiene fundamentalmente dos objetivos: obtener un producto de buena calidad nutritiva y sensorial y lograr un producto en el menor tiempo posible a fin de reducir los costos de operación. Entre los factores que intervienen en la deshidratación tenemos:

2.3.4.1. Temperatura del aire.

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor al alimento, lo cual proporciona la fuerza impulsora para la eliminación de la humedad a medida que el agua, tiene que ser expulsada del alimento en forma de vapor de agua, tiene que ser alejada, ya que de otra forma la humedad crearía en la superficie del alimento una atmósfera saturada que disminuiría la velocidad de eliminación subsecuente del agua. Así mismo, cuanto más caliente este el aire mas humedad podrá absorber antes de saturarse.

2.3.4.2. Velocidad de aire.

El aire caliente recoge más humedad que el aire fresco, pero el aire en movimiento es más efectivo todavía. El aire en movimiento, es decir, a alta velocidad además de recoger barre de la superficie del alimento previniendo la creación de una atmósfera saturada sobre la superficie del alimento.

2.3.4.3. Humedad relativa.

Cuanto más seco este el aire como medio de secado mayor será la velocidad del proceso, el aire seco tiene la propiedad de absorber y retener humedad. El aire húmedo está más cerca del punto de saturación y por lo tanto puede absorber y retener mejor la humedad adicional que si estuviera seco. La humedad relativa del aire también determinará hasta que punto se puede bajar el contenido de humedad del alimento mediante deshidratación.

2.3.4.4. Área superficial.

Se refiere al tamaño y características del producto, por lo general se subdivide el producto a deshidratarse en piezas pequeñas o capas delgadas, a fin de acelerar la transmisión de calor y transmisión de masa. La subdivisión acelera el deshidratado por dos razones:

- Una mayor área proporciona más superficie en contacto con el medio ambiente.
- Las partículas más pequeñas o capas más delgadas reducen la distancia que tiene que recorrer el calor hasta el centro del alimento y la humedad desde el centro hasta la superficie y separarse de ella.

2.3.5. Tratamientos previos y posteriores al secado de alimentos.

Según la UNI (1991), los alimentos antes de ser secados deben ser acondicionados a fin de lograr un secado uniforme y evitar el efecto de factores nocivos. Con ese propósito los alimentos son en muchos casos

lavados, pelados o cortados, otras veces también deben ser tratados para evitar el pardeamiento o la proliferación de microorganismos.

Así, algunas veces es necesario el escaldado o blanqueado de los alimentos, es decir someter a un baño de agua hirviendo o vapor por un corto tiempo de 3-6 minutos, todo esto con el objeto de:

- Evitar el pardeamiento no enzimático.
- Fijar y conservar el color.
- Eliminar algunos microorganismos.
- Acelerar el secado por rotura de las células.

Otras veces se adiciona a los alimentos bisulfito de sodio, de potasio o de calcio, metabisulfito de sodio o de potasio para evitar el pardeamiento enzimático o no enzimático.

2.3.6. Deshidratación de las hierbas y especias.

Según AGUADO *et al.* (2002), la deshidratación entraña, a la vez, una reducción considerable del volumen de las plantas frescas, que es interesante para su almacenamiento, transporte y posible destilación y procesado. La desecación es el procedimiento más antiguamente empleado y todavía más importante, para la conservación de drogas vegetales. Las plantas recién recolectadas contienen una cantidad importante de agua, variable en los distintos órganos.

Las semillas y los frutos seco.....	< 5 a 10 %
Las cortezas.....	30 a 40 %

Las hojas.....	60 a 90 %
Las raíces y rizomas.....	70 a 85 %

La desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar, para que cautiven y ejerzan la mayor atracción, así serán más apreciadas, más demandadas, sobre todo, mejor pagadas. En general, en el comercio existen valores establecidos de contenido de humedad para cada hierba o sus partes, tal como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido de humedad de algunas hierbas.

Hierba	Humedad (%)
Albahaca	10
Laurel	9
Eneldo	10
Mejorana	10
Orégano	11
Romero	9
Salvia	10
Ajedrea	12
Tomillo	9

Fuente: SUÁREZ (2000)

Según SUÁREZ (2000), cada producto reclama una desecación diferente, no solamente por la cantidad de agua que contiene, sino por el aspecto que debe presentar las hierbas y las hojas deben secarse por lo común a temperatura moderada, en presencia de una cantidad grande de agua; las raíces, cortezas y rizomas pueden desecarse a temperaturas algo mayores.

2.3.7. Secado solar.

Según el ITDG (1998), el secado al sol y al aire libre normalmente se aplica a productos de bajo costo que se hallan en grandes cantidades. Aun así hay algunos productos de costo intermedio y alto que también se secan al sol, como el café, el cacao y el pescado.

Este tipo de secado tiene algunas ventajas:

- Prácticamente no requiere de ningún costo adicional, ya que no se utilizan combustible.
- No necesitan estructuras permanentes, lo que permite que después de la estación de secado, el terreno quede disponible para la agricultura o para otros fines.

Pero también tiene muchas limitaciones:

- La pérdida de humedad puede no ser constante, ya que depende del clima.
- El secado es muy lento y a menudo el producto no llega a secarse completamente en un solo día, por lo que debe permanecer expuesto

durante toda la noche para finalizar su secado al día siguiente. Esto aumenta el riesgo de deterioro, en especial al desarrollo de hongos.

- Los niveles finales de humedad que se alcanzan no son lo suficientemente bajos, lo que aumenta las posibilidades de deterioro del producto durante el almacenado.
- El producto está expuesto a la contaminación por el polvo y la suciedad.
- Al permanecer a la intemperie puede ser dañado o hurtado por las aves.
- Se requiere mano de obra adicional para extender el producto, voltearlo y recogerlo cuando hay riesgo de lluvia.
- El producto puede adquirir un color oscuro y el nivel de ciertos nutrientes, particularmente las vitaminas, puede disminuir por la exposición directa al sol (este riesgo es mayor en algunos productos que en otros).

2.3.8. Liofilización.

Según BRENNAN (1998), en este método de secado, el producto se deshidrata congelándolo primero y sublimando después el hielo. El secado tiene lugar en tres fases; inicialmente, mediante la congelación, se separa el agua de los componentes hidratados del producto, por la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas y la subsiguiente sublimación de estos cristales elimina el agua del seno del producto. Cuando se ha sublimado todo el hielo, los sólidos remanentes todavía retienen una pequeña cantidad de agua absorbida en el interior de la estructura de sus componentes.

Según BARBOSA (2000), la liofilización se desarrolló para superar las pérdidas de los compuestos responsables de los aromas en alimentos, los cuales se perdían en las operaciones convencionales de secado. La liofilización se ha mostrado como un método efectivo para ampliar la vida útil de los alimentos y tiene dos características importantes:

- Virtual ausencia de aire durante el procesado. La ausencia de aire y la baja temperatura previene el deterioro debido a la oxidación o las modificaciones del producto.
- Secado a una temperatura inferior a la ambiente: los productos que se descomponen o sufren cambios en su estructura, textura, apariencia, y/o aromas como consecuencia de temperaturas altas, pueden secarse bajo vacío con un daño mínimo.

VOCHELLE (1969) menciona que la liofilización es la deshidratación por congelación y sublimación, el contenido líquido natural de los sistemas biológicos se hiela y se elimina en forma de vapor, bajo condiciones cuidadosamente controladas de presión y temperatura, para dejar una estructura que revierta el estado previo por adición de agua.

2.3.8.1. Fases del liofilizado.

Según MAFART (1974), la liofilización es una operación esencialmente cíclica cuyas fases son las siguientes:

- **Pre tratamiento del producto.**

Cuando se trata los productos líquidos se debe eliminar el agua haciendo una pre concentración esto favorece el proceso y agiliza la duración de la misma. En caso de tratarse de un producto sólido se puede disminuir el tiempo de secado dividiendo su volumen (cortado, raspado, triturado, etc.) con el fin de aumentar la superficie de transferencia.

- **Vacío en el liofilizador.**

El vacío tiene como objetivo disminuir los riesgos de fusión del hielo y acelerar el secado del producto en proceso. El vacío se realiza inicialmente mediante una primera bomba de caudal con la que se consigue un vacío limitado. A continuación toma como relevo la segunda bomba de caudal limitado que permite alcanzar el vacío completo; el tiempo total para hacer el vacío es generalmente de 10- 15 minutos.

- **Congelación.**

La congelación tiene mucha importancia ya que en ella se efectúa las primeras modificaciones del producto y se condicionan todas las etapas sucesivas. Durante la congelación las moléculas de agua se asocian ordenadamente para formar una estructura rígida que es mas abierta (menos densa) que en la forma líquida.

- **Sublimación.**

Según CÉSPEDES (1988), la sublimación del agua tiene lugar por debajo del punto triple, donde coexisten los tres estados físicos, o lo

que es igual a un estado de equilibrio de las tres fases. En la liofilización de alimentos el problema es mas complejo debido a la existencia de compuestos sólidos y soluciones liquidas de composición determinada; por lo que es necesario operar debajo de la temperatura eutéctica del producto. En el caso de equilibrio de un sólido con su vapor saturado que varía su presión con la temperatura, la curva se llama curva de sublimación.

- **Desorción.**

La desorción o desecación secundaria consiste en eliminar el agua ligada que aún se encuentra en el producto que esta en proceso de liofilización. El objetivo es arribar a un contenido de agua residual de 1,5 – 2,0 %, el proceso de liofilización no acaba después de la sublimación del agua congelada del material, sino que todos los productos retienen por adsorción una cantidad de agua la cual no es despreciable y generalmente pone en peligro una buena conservación del producto y esta agua que queda al final de la sublimación es agua más o menos fuertemente ligada a los sólidos que componen el producto y que no se cristaliza en el curso del enfriamiento, se elimina durante la fase de desecación secundaria.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución.

La ejecución del presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco. Los laboratorios utilizados fueron los siguientes: Tecnología de Carnes, Ingeniería de Alimentos, Análisis de alimentos, Nutrición animal, Análisis de suelos, Centro de Investigación de Productos Naturales de la Amazonia (CIPNA) y Química.

3.2. Materia prima.

Se utilizó hojas de sachá culantro (*Eryngium foetidum L.*) tiernas y frescas cultivadas en la microcuenca Cueva de las Pavas, perteneciente al distrito de Mariano Dámaso Beraún - Las Palmas de la provincia de Leoncio Prado.

3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.

3.3.1. Materiales de laboratorio y/o proceso.

3.3.1.1. Materiales de vidrio.

- Matraces 50, 100 y 250 ml.
- Pipeta de 2 ml.

- Tubos de ensayo 10 ml.
- Probeta de 50, 100 y 250 ml.
- Vasos de precipitación de 25 y 100 ml.
- Cubetas de poliestireno (1cm x 1cm 4.5cm).
- Embudos de filtración.
- Campana de desecación.

3.3.1.2. Materiales de plástico y acero inoxidable.

- Pipeta de 5 ml.
- Microtubos de 2 ml.
- Jarras de 1 L.
- Tinas de 30 L.
- Tablas de picar.
- Ollas de 3, 5 y 30 litros.
- Cuchillos.
- Espumaderas.

3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso.

- Balanza analítica digital, sensibilidad $\pm 0.0001g$. U.S.A. marca Sartorius.
- Centrifuga marca Hettich – modelo MIKRO 22R y velocidad 10 000 rpm.
- Espectro termo electrón corporation modelo GENESYS - 6.(UV/Vis).

- Estufa ODHG – 9240A TOMOS.
- Mufla con temperatura regulable de 0 a 1200 °C marca Linn.
- Equipo digestor de proteína BUICHI digest Automát K – 438.
- Equipo soxhlet GERHARDT type: EV16.
- pH metro marca ATC.
- Analizador de humedad.
- Cocina marca SURGE semi industrial.
- Empacadora MULTIVAC tipo A 3000/16 Germany.

3.4. Métodos de análisis.

3.4.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.

3.4.1.1. Evaluación físico químico.

- Humedad, método 23.003 AOAC (1997).
- pH, método 973.193 AOAC (1997).
- Acidez titulable, método ASQUIERI (2008).
- Rancidez oxidativa, método del índice del ácido tío barbitúrico (TBA) según PEARSON (1986).

3.4.1.2. Evaluación sensorial.

Se determinó mediante la prueba Bloque Incompleto Balanceado (tipo V) reportado por COCHRAN y COX (1974).

3.4.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

3.4.2.1. Evaluación fisicoquímico.

- Humedad, método 23.003 AOAC (1997).
- pH, método 973.193 AOAC (1997).
- Acidez titulable, método ASQUIERI (2008).
- Rancidez oxidativa, método del índice del ácido tío barbitúrico (TBA) según PEARSON (1986).

3.4.2.2. Evaluación sensorial.

Se utilizó la prueba del Bloque Completo Incompleto reportado por CÖRNELL y KANAP (1972).

3.4.2.3. Análisis microbiológico.

- Numeración de Microorganismos Aerobios Viables (NMAV), descrito por la ICMSF (1983).
- Numeración de Mohos y Levaduras, descrito por la ICMSF (1983).

3.5. Metodología experimental.

3.5.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.

3.5.1.1. Proceso de secado y deshidratado.

Para evaluar el proceso de secado y deshidratado de las hojas de sachá culantro, las muestras fueron sometidas a un secado solar y a

una deshidratación en estufa a temperaturas de 45, 55 y 65°C, se tomó 5g de muestra, para cada tratamiento con tres repeticiones cada uno, del mismo modo se hizo para el secado solar y los datos del proceso de secado (humedad del sólido vs tiempo) fueron obtenidos pesando las muestras en intervalos de 15 minutos. La humedad del sólido (N_s) en las muestras a un determinado tiempo de secado fue calculado como la cantidad de agua en la unidad del sólido del alimento, mediante la fórmula aplicada por (SINGH, 1984) como se indica en la siguiente ecuación:

$$N_s = (P_{sh} - P_{ss}) / P_{ss}$$

Donde:

N_s = humedad del sólido (kg H₂O/kg ss).

P_{sh} = peso del sólido húmedo.

P_{ss} = peso del sólido seco.

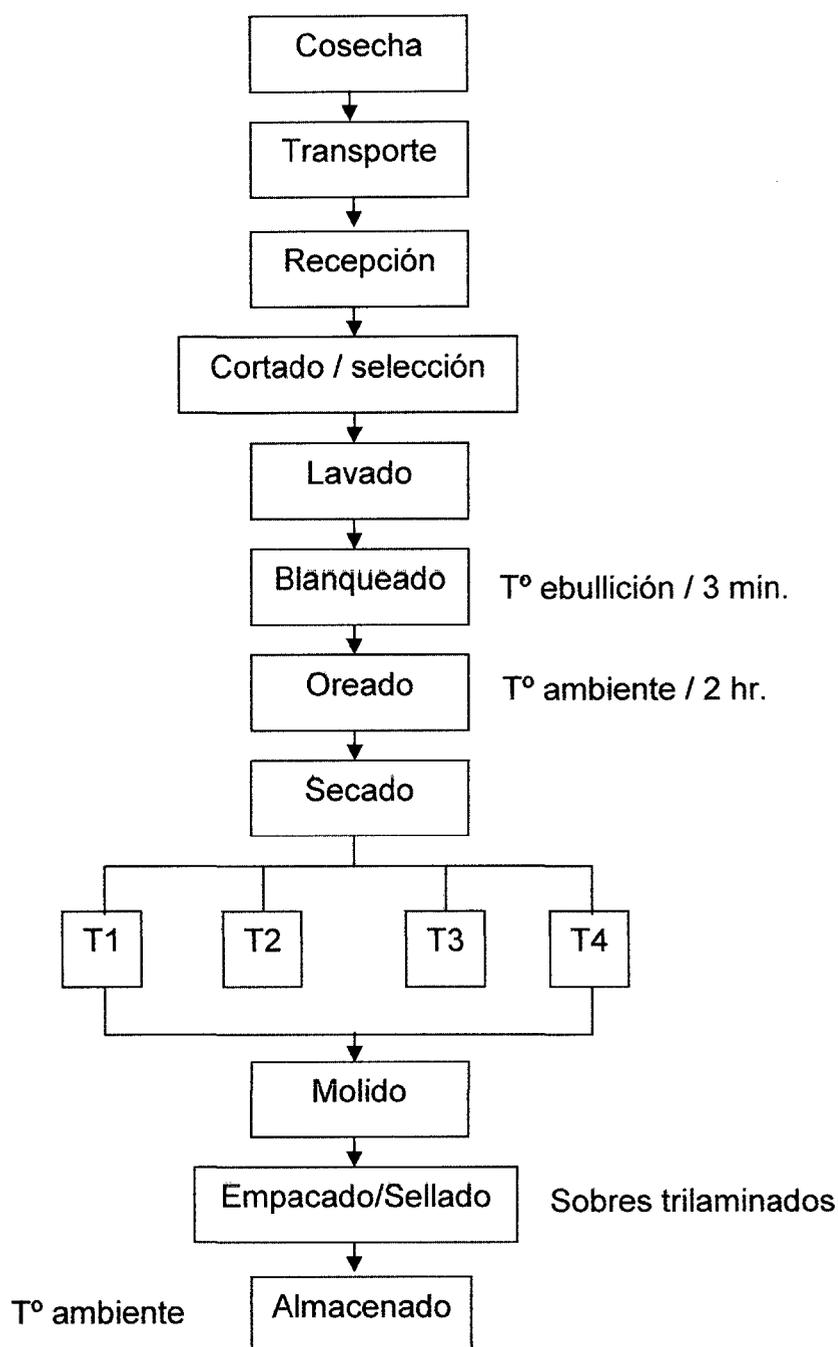
Las operaciones seguidas para determinar los parámetros del secado y la deshidratación se presentan en la Figura 1 tal como se describe a continuación:

- **Cosecha.**

Las hojas de sachá culantro fueron cosechadas del lugar denominado Cueva de las Pavas.

- **Transporte.**

Las muestras de sachá culantro fueron transportadas en bolsas plásticas en el menor tiempo posible.



T1: Deshidratación a 45 °C.

T2: Deshidratación a 55 °C.

T3: Deshidratación a 65 °C.

T4: Secado solar.

Figura 1. Flujograma de operaciones para el proceso de secado y deshidratado.

- **Recepción.**

Las hojas de sachá culantro recién cosechadas fueron recepcionadas en el laboratorio.

- **Cortado / Selección.**

Las plantas recepcionadas fueron colocadas en una mesa de trabajo y se procedió al cortado e las raíces con un cuchillo con buen filo e inmediatamente se procedió a seleccionar para eliminar las hojas maltratadas, demasiado maduras, deterioradas por insectos u otros defectos.

- **Lavado.**

Esta operación se realizó con agua corriente y el objetivo fue eliminar la suciedad de las hojas (adherencia de tierra), larvas de insectos y otras impurezas que traen del campo.

- **Blanqueado.**

Las hojas limpias se sometieron al blanqueado a temperatura de ebullición durante 3 minutos e inmediatamente enfriadas con agua corriente con la finalidad de inactivar las enzimas y evitar la que el calor deteriore las hojas.

- **Oreado.**

En esta operación, las hojas del sachá culantro fueron tendidas sobre mantadas de plástico a temperatura ambiente durante 2 horas.

Esto se hizo con la finalidad de eliminar el agua adherida a las hojas, proveniente del blanqueado.

- **Secado.**

Las hojas oreadas fueron sometidas al proceso de secado. Los tratamientos fueron: En estufa se realizó la deshidratación controlada considerando las temperatura de 45, 55 y 65°C, y para el secado solar se registro una temperatura de 32°C (TBS), 29°C (TBH) y una humedad relativa del 80%.

- **Molido.**

Se realizó el molido con un molino de discos con un tamiz de 1mm de diámetro.

- **Empacado / sellado.**

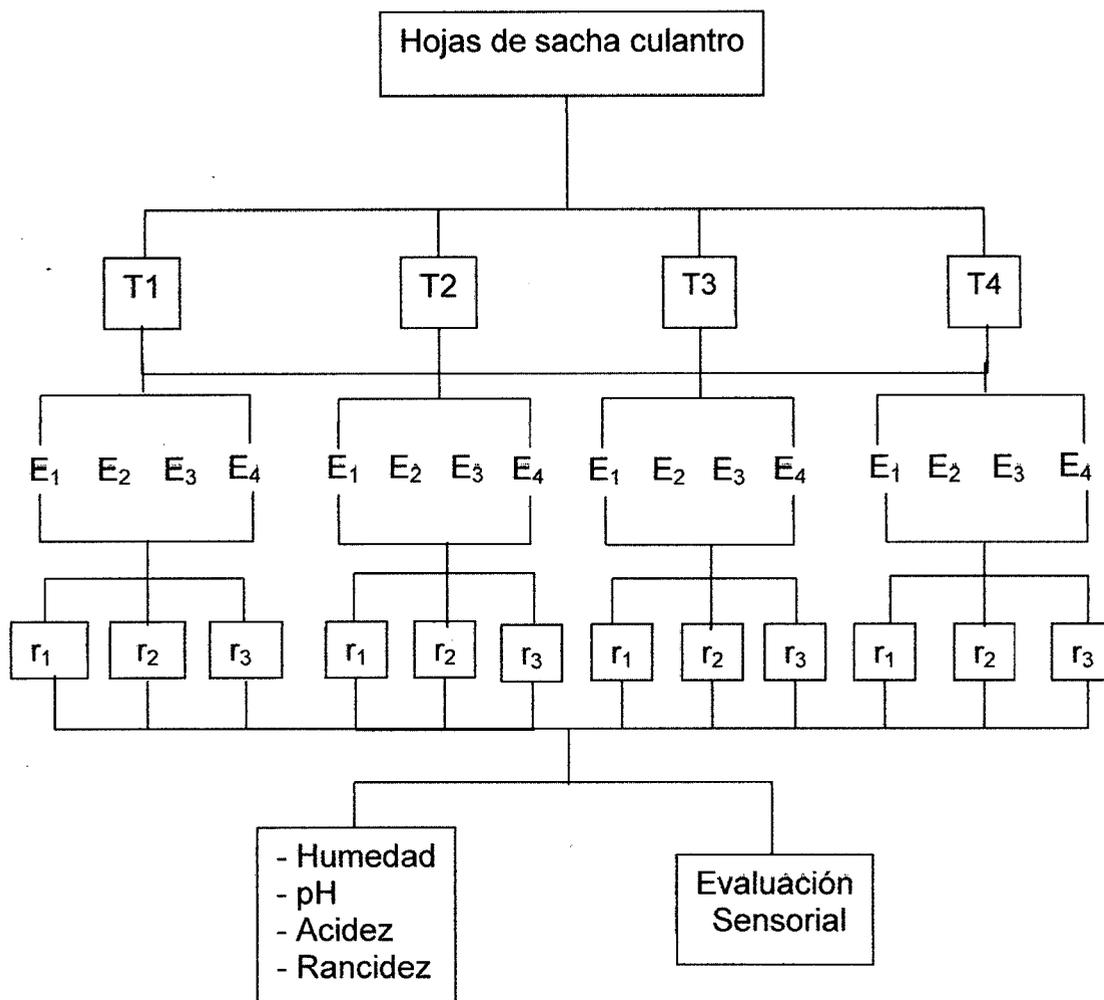
Se empacó y selló en sobres trilaminados, con un peso de 5g el fin de evitar la pérdida del aroma y color característico del sachá culantro.

- **Almacenado.**

Se almacenó a temperatura ambiente por 24 días.

3.5.1.2. Evaluación fisicoquímico.

Para determinar el mejor proceso de secado a cada una de las muestras previamente secado y deshidratado el diseño experimental se



Donde:

T1, T2, T3 = Temperaturas de deshidratación a 45, 55 y 65 °C.

T₄ = Secado solar.

E₁, E₂, E₃ y E₄ = Días de evaluación durante el almacenamiento.

r₁, r₂ y r₃ = Repeticiones.

Figura 2. Diseño experimental para la evaluación de las hojas de sachaculantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.

presentan en la Figura 2; se realizó los análisis fisicoquímicos (humedad, pH, acidez y rancidez oxidativa); cada ocho días por un espacio de 24 días de almacenamiento, la metodología seguida se cita en el ítem métodos de análisis.

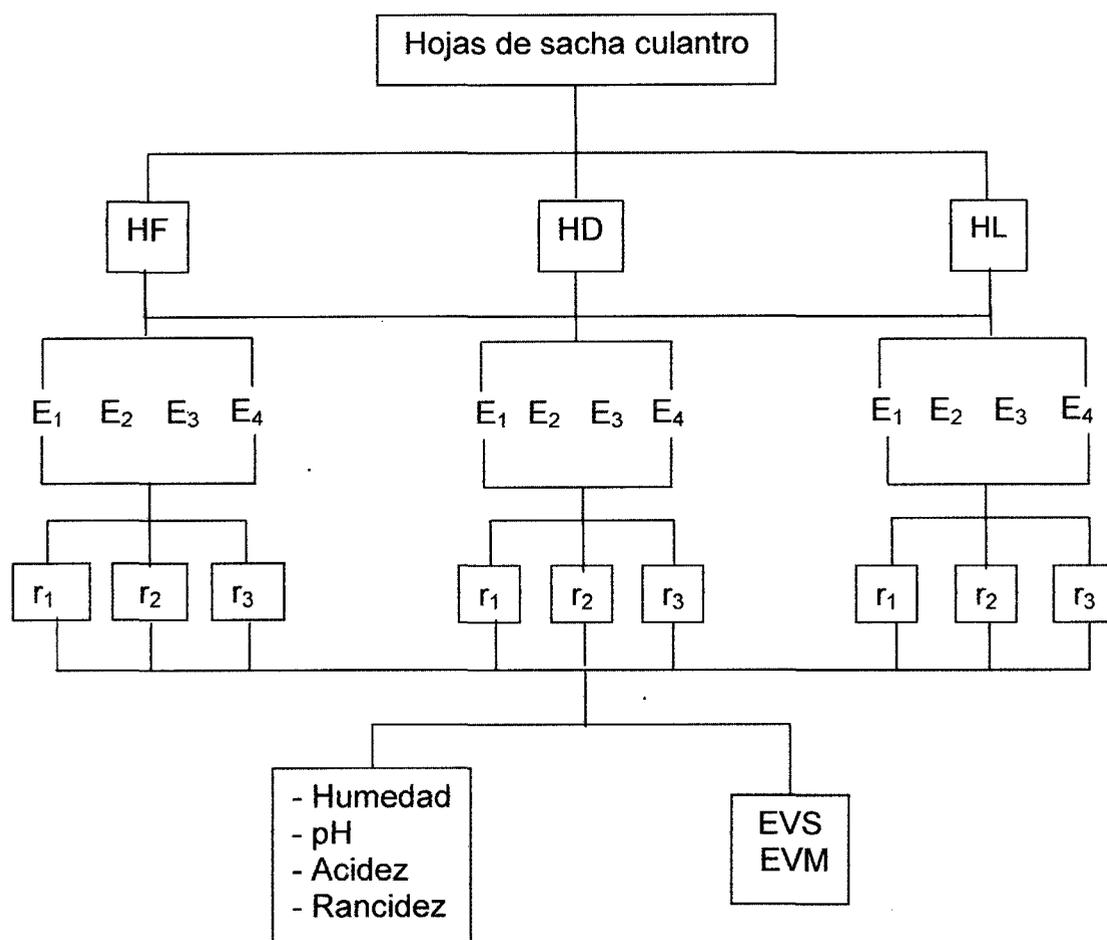
Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el diseño completamente al azar (DCA); para los niveles donde existió diferencia significativa se empleo la prueba de tukey ($p < 0,05$).

3.5.1.3. Evaluación sensorial.

Esta evaluación se realizó preparando un plato a base de caldo de pescado en las cuales se adicionó los diferentes tratamientos. Los atributos evaluados fueron color, aroma y sabor por un espacio de 24 días de almacenamiento, se utilizó una escala hedónica de 5 puntos y el modelo de la cartilla de evaluación se muestra en el anexo (A-I); el diseño estadístico aplicado fue bloque completo equilibrado (tipo V); los parámetros fueron $T=4$, $k=2$, $r=3$ y $b=6$, para los niveles donde existió significancia estadística se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). De los tratamientos evaluados se determinó el mejor tipo de secado.

3.5.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

De la evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado se tomó el tratamiento que presentó el mejor comportamiento fisicoquímico y sensorial, para ser evaluado juntamente con las hojas de sachá culantro fresco (que se utilizó como testigo para los diferentes análisis) y



Donde:

HF, HD y HL = Sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

E₁, E₂, E₃ y E₄ = Días de evaluación durante el almacenamiento.

EVS = análisis sensorial.

EVM = análisis microbiológico.

Figura 3. Diseño experimental para la evaluación de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

liofilizado (proceso de liofilización en la Universidad Nacional Agraria de La Molina). Para esta evaluación se procedió a trabajar siguiendo el diseño experimental presentado en la Figura 3.

3.5.2.1. Evaluación físico químico.

Las evaluaciones fisicoquímico fueron humedad, pH, acidez y rancidez oxidativa; se realizaron en las hojas del sachá culantro deshidratado a 55°C, liofilizado y fresco, las muestra fueron avaluadas durante 30 días de almacenamiento cada 10 días. Así mismo, se hizo el análisis químico proximal de las hojas de sachá culantro fresco.

3.5.2.2. Evaluación sensorial.

Esta evaluación se realizó preparando un plato a base de caldo de pescado y se evaluaron los atributos color, aroma y sabor del sachá culantro deshidratado a 55°C, liofilizado y fresco. Se utilizó la escala hedónica de 5 puntos que se muestra en el anexo (Anexo I), el diseño estadístico aplicado fue el diseño Bloque Completo Incompleto.

3.5.2.3. Evaluación microbiológica.

Se realizó el análisis microbiológico tanto del sachá culantro deshidratado a 55°C, liofilizado y fresco al día cero y a los 30 días de almacenamiento. Para ello se hizo la Numeración de Microorganismos aerobios Viables y la Numeración de Mohos y Levaduras.

IV. RESULTADOS.

4.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.

4.1.1. Proceso de secado y deshidratado.

Las muestras de sachá culantro fueron deshidratadas en estufa a 45°C, 55°C y 65°C y el secado solar. Los resultados del comportamiento de la curva de secado se presentan en la Figura 4.

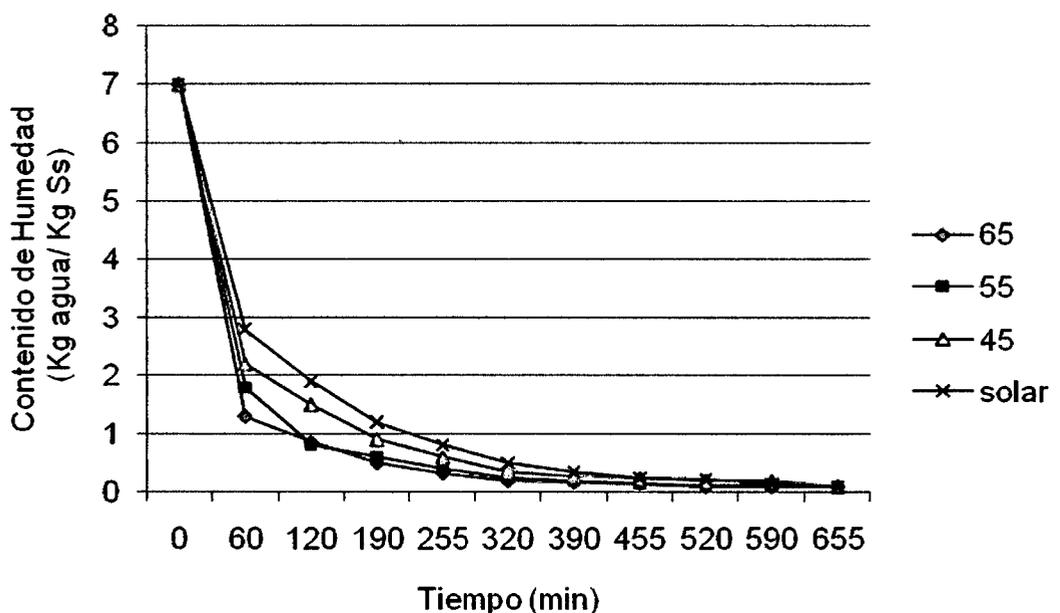


Figura 4. Comportamiento de la curva de secado y deshidratado de las hojas de sachá culantro.

4.1.2. Evaluación fisicoquímico.

La muestra de sachá culantro secado y deshidratado a diferentes temperaturas fueron molidas, envasadas en sobres trilaminados y almacenadas por 24 días a temperatura ambiente, en ella se realizaron las siguientes evaluaciones:

4.1.2.1. Humedad.

Los resultados del comportamiento de la humedad en las hojas de sachá culantro secado y deshidratado se presentan en el Cuadro 4 y Figura 5.

Cuadro 4. Contenido de humedad en hojas de sachá culantro secado y deshidratado.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	8	16	24
45°C	8,18 ± 0,06 ^a	8,68 ± 0,12 ^a	8,26 ± 0,11 ^a	8,52 ± 0,00 ^a
55°C	7,48 ± 0,06 ^b	7,30 ± 0,07 ^c	7,76 ± 0,05 ^b	7,51 ± 0,05 ^b
65°C	7,36 ± 0,04 ^b	7,53 ± 0,13 ^c	7,63 ± 0,13 ^b	7,55 ± 0,15 ^b
Solar	8,33 ± 0,09 ^a	8,12 ± 0,04 ^b	8,23 ± 0,07 ^a	8,35 ± 0,12 ^a

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

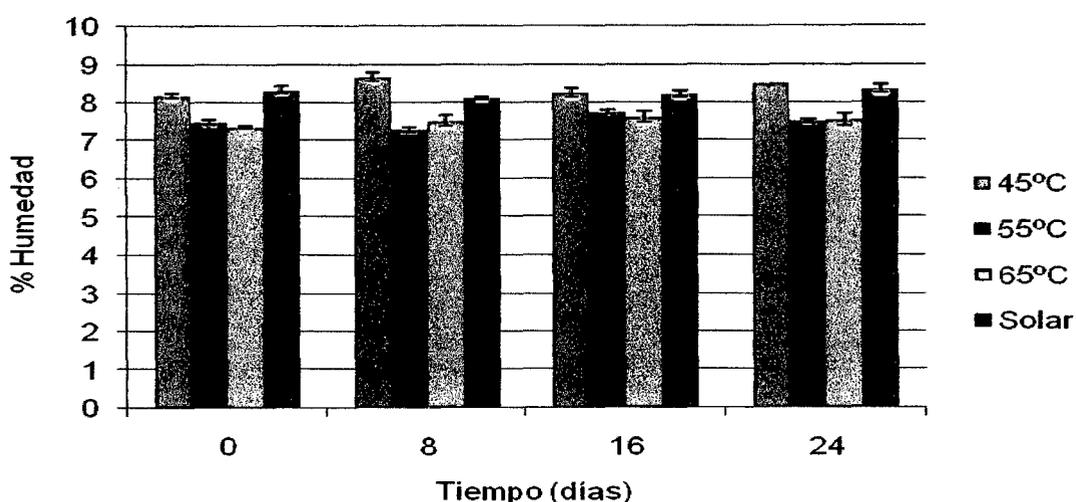


Figura 5. Comportamiento de la humedad en hojas de sachaculant seco y deshidratado durante el almacenamiento.

4.1.2.2. pH.

Las hojas de sachaculant seco y deshidratado, durante el tiempo de almacenamiento fue evaluado el pH, los resultados del comportamiento se presentan en el Cuadro 5 y Figura 6.

Cuadro 5. Evaluación del pH en hojas de sachaculant seco y deshidratado.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	8	16	24
45°C	6,46 ^b	6,34 ^c	6,46 ^c	6,36 ^d
55°C	6,45 ^b	6,47 ^a	6,57 ^a	6,55 ^a
65°C	6,49 ^a	6,44 ^b	6,51 ^b	6,46 ^b
Solar	6,47 ^{ba}	6,43 ^b	6,48 ^c	6,41 ^c

Los promedios representan (promedios \pm SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

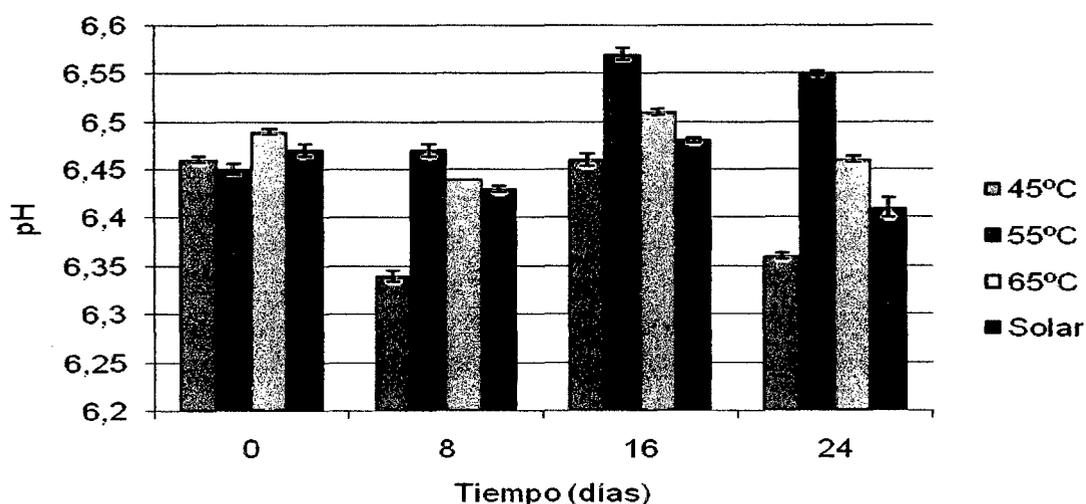


Figura 6. Comportamiento del pH en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.

4.1.2.3. Acidez.

Los resultados del comportamiento de la acidez de las hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el tiempo de almacenamiento se presentan en el Cuadro 6 y Figura 9.

Cuadro 6. Comportamiento de la acidez en hojas de sachá culantro secado y deshidratado.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	8	16	24
45°C	1,57 ^b	1,48 ^a	1,33 ^a	1,23 ^a
55°C	1,27 ^c	0,98 ^c	0,92 ^b	0,82 ^b
65°C	1,68 ^a	1,10 ^b	0,98 ^b	0,87 ^b
Solar	1,12 ^d	0,93 ^c	0,92 ^b	0,87 ^b

Los promedios representan (promedios \pm SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

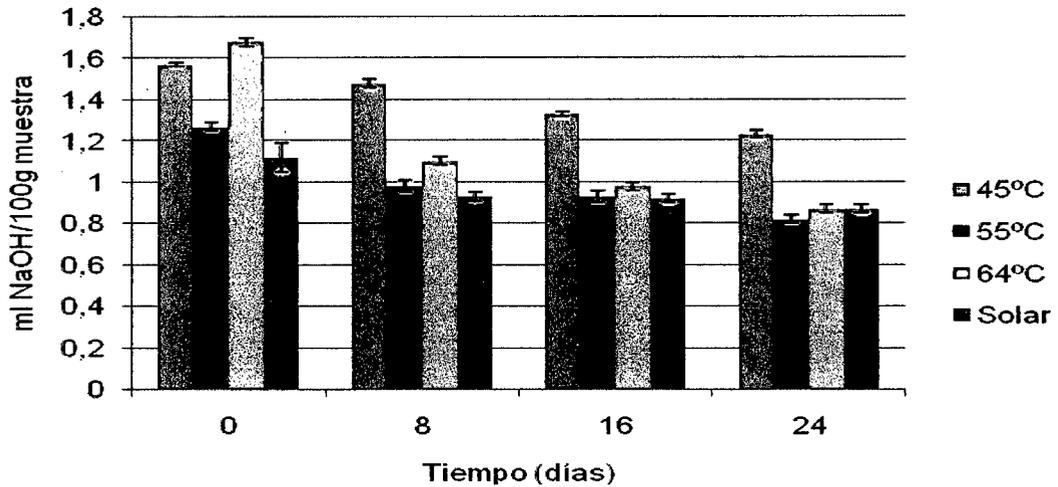


Figura 7. Comportamiento de la acidez en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.

4.1.2.4. Rancidez oxidativa - ácido tiobarbitúrico (TBA).

Durante el almacenamiento de las hojas de sachá culantro secado y deshidratado se evaluó la rancidez oxidativa mediante la prueba del ácido tiobarbitúrico, los resultados se presentan en el Cuadro 7 y Figura 8.

Cuadro 7. Comportamiento del TBA en hojas de sachá culantro secado y deshidratado.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	8	16	24
45°C	2,135 ± 0,01 ^a	1,921 ± 0,03 ^a	1,826 ± 0,01 ^a	2,078 ± 0,01 ^a
55°C	1,795 ± 0,01 ^b	1,899 ± 0,04 ^a	1,831 ± 0,02 ^a	2,073 ± 0,04 ^a
65°C	1,507 ± 0,02 ^c	1,807 ± 0,03 ^a	1,595 ± 0,07 ^b	2,069 ± 0,02 ^a
Solar	1,804 ± 0,11 ^b	1,904 ± 0,02 ^a	1,407 ± 0,01 ^c	1,849 ± 0,04 ^b

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

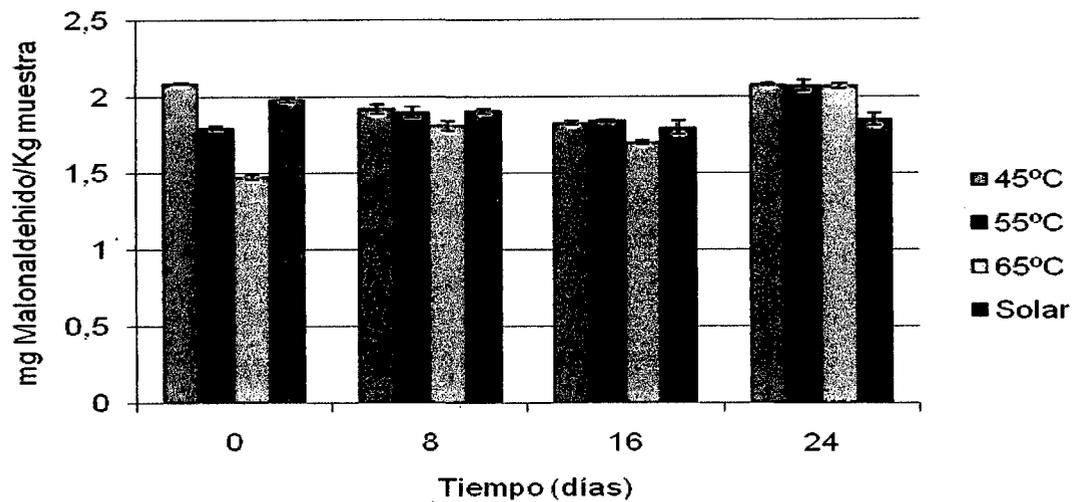


Figura 8. Comportamiento del TBA en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.

4.1.3. Evaluación sensorial.

Se realizó el análisis sensorial de las muestras de sachá culantro secado y deshidratado a diferentes temperaturas las cuales fueron molidas, envasadas en sobres trilaminados y almacenadas por 24 días a temperatura ambiente, en ella se evaluaron los siguientes atributos:

4.1.3.1. Atributo color.

Los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al atributo color de los diferentes tipos de secado se muestran en la Figura 9.

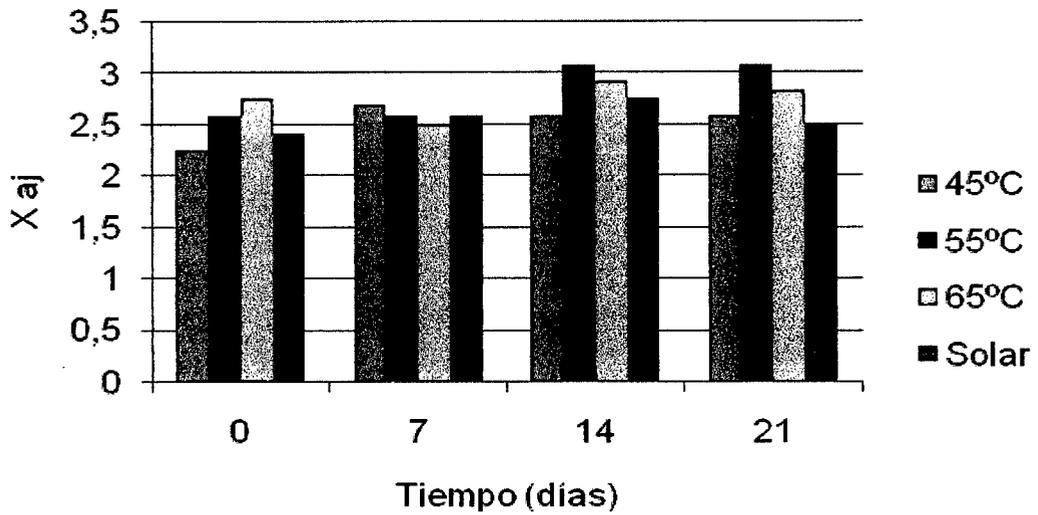


Figura 9. Comportamiento del atributo color en hojas de sachá culantro secado y deshidratado durante el almacenamiento.

4.1.3.2. Atributo aroma.

Los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al atributo color de los diferentes tipos de secado se muestran en la Figura 10.

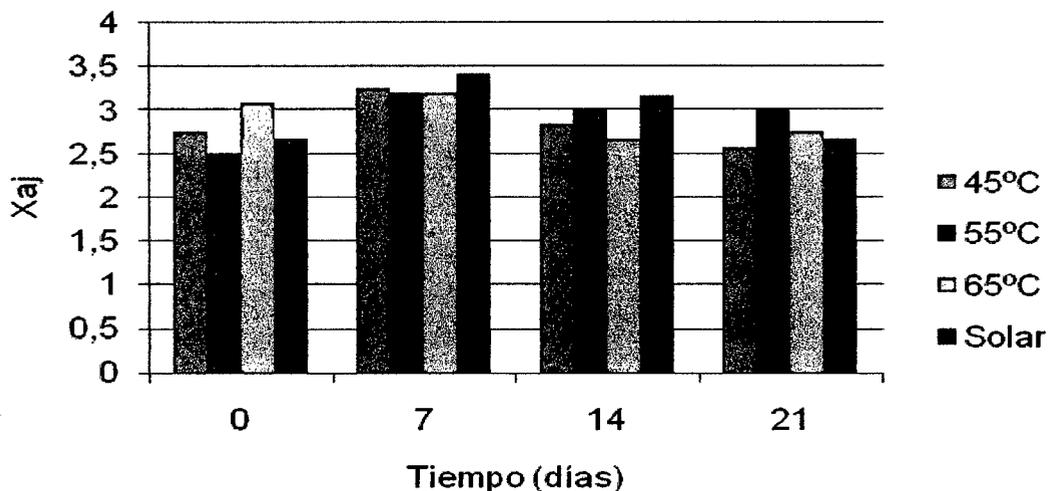


Figura 10. Comportamiento del atributo aroma en hojas de sachá culantro secado y deshidratado.

4.1.3.3. Atributo sabor.

Los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al atributo color de los diferentes tipos de secado se muestran en la siguiente Figura.

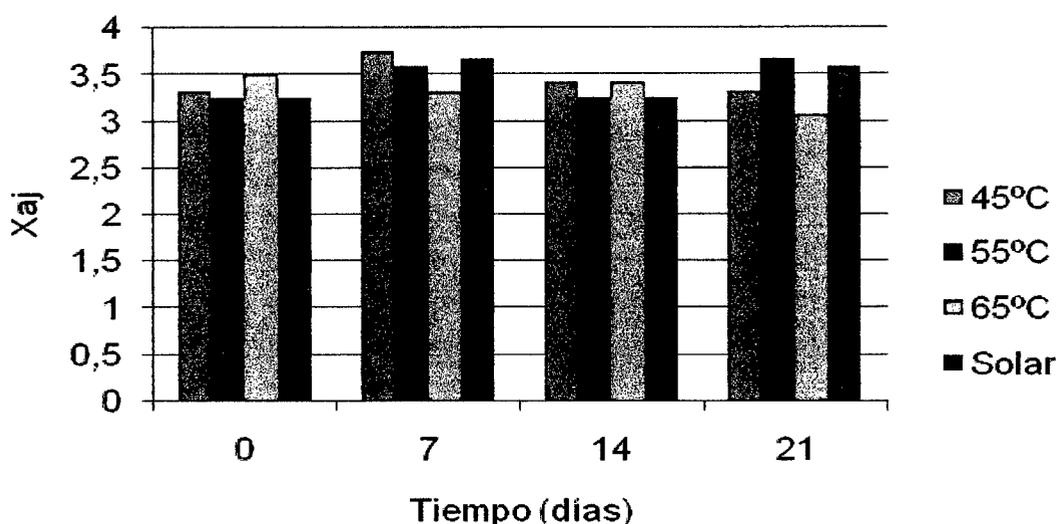


Figura 11. Comportamiento del atributo sabor en hojas de sachaculantro secado y deshidratado.

4.2. Evaluación del sachaculantro fresco, deshidratado y liofilizado.

Las muestras de sachaculantro deshidratado y liofilizado fueron molidas, envasadas en sobres trilaminados y almacenadas durante 30 días a temperatura ambiente para ser evaluadas juntamente con el fresco (testigo) a la cual se realizó el análisis químico proximal cuyo resultado se muestra en el cuadro 16 del Anexo II, las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

4.2.1. Evaluación fisicoquímico.

4.2.1.1. Humedad.

Los resultados del comportamiento de humedad en hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado se presentan en el Cuadro 8 y Figura 12.

Cuadro 8. Contenido de humedad en hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Deshidratado	7,50 ± 0,01 ^a	7,73 ± 0,03 ^a	7,61 ± 0,02 ^a	7,72 ± 0,11 ^a
Liofilizado	6,54 ± 0,04 ^b	6,71 ± 0,01 ^b	6,37 ± 0,02 ^b	6,70 ± 0,03 ^b

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna (p<0,05).

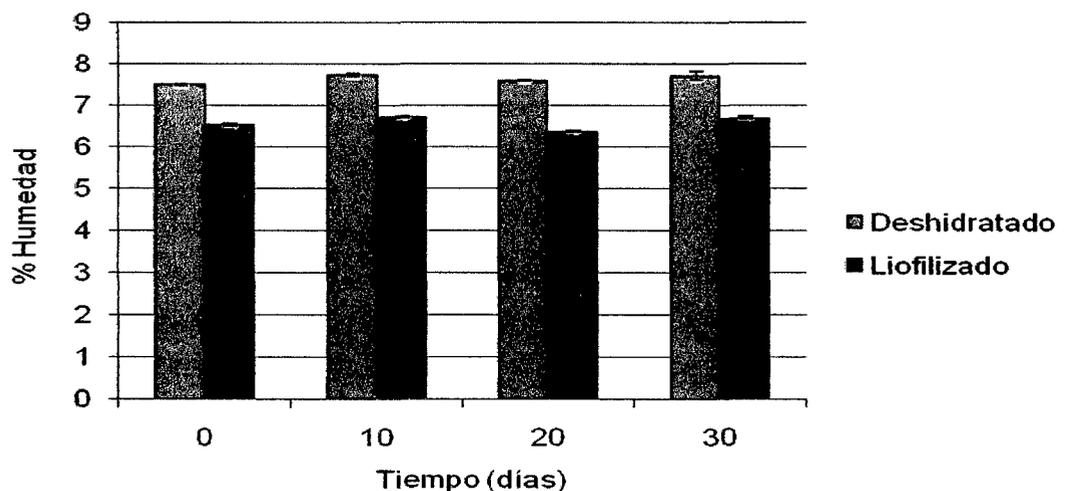


Figura 12. Comportamiento de la humedad en hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado.

4.2.1.2. pH.

En las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento se evaluó pH y los resultados se presentan en el Cuadro y Figura siguiente.

Cuadro 9. Contenido de pH en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamientos	Días			
	0	10	20	30
Fresco	5,81 ± 0,02 ^b	5,59 ± 0,08 ^b	5,45 ± 0,08 ^b	5,44 ± 0,03 ^c
Deshidratado	6,66 ± 0,05 ^a	6,34 ± 0,02 ^a	6,25 ± 0,04 ^a	6,16 ± 0,01 ^b
Liofilizado	6,60 ± 0,04 ^a	6,42 ± 0,03 ^a	6,32 ± 0,01 ^a	6,22 ± 0,03 ^a

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

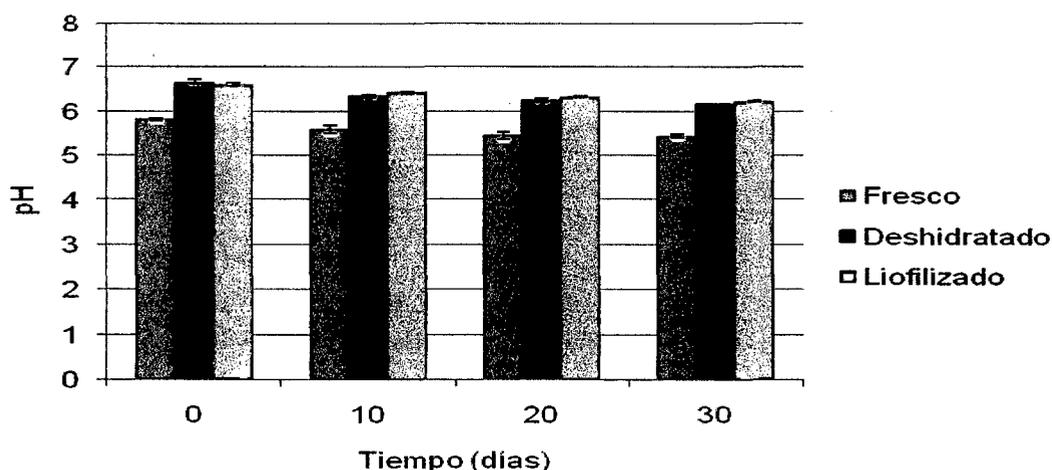


Figura 13. Comportamiento de pH en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

4.2.1.3. Acidez.

Durante el almacenamiento de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado se evaluaró el comportamiento de la acidez y los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 10 y Figura 14.

Cuadro 10. Contenido de acidez en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Fresco	0,18 ± 0,017 ^c	0,27 ± 0,017 ^c	0,25 ± 0,000 ^c	0,30 ± 0,000 ^c
Deshidratado	1,58 ± 0,017 ^b	1,03 ± 0,017 ^b	1,07 ± 0,017 ^b	1,43 ± 0,017 ^a
Liofilizado	1,68 ± 0,017 ^a	1,22 ± 0,017 ^a	1,27 ± 0,017 ^a	1,28 ± 0,017 ^b

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

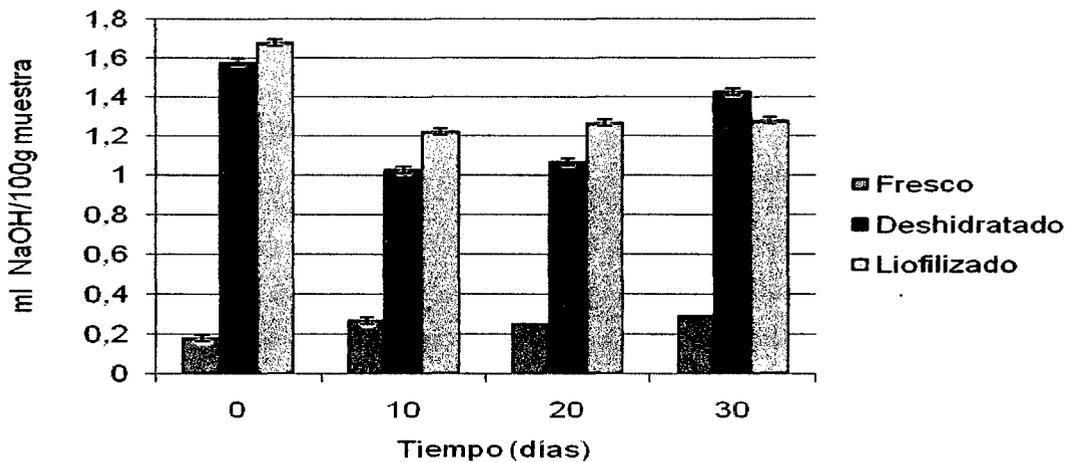


Figura 14. Comportamiento de la acidez en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

4.2.1.4. Rancidez oxidativa – ácido tiobarbitúrico (TBA).

Durante el almacenamiento de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado se evaluó el grado de rancidez oxidativa mediante la prueba del ácido tiobarbitúrico, los resultados de dicha evaluación se presentan en el Cuadro 11 y Figura 15.

Cuadro 11. Contenido de TBA en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Fresco	0,010 ^b	0,012 ^c	0,010 ^b	0,012 ^c
Deshidratado	0,017 ^a	0,025 ^b	0,031 ^a	0,036 ^b
Liofilizado	0,019 ^a	0,031 ^a	0,033 ^a	0,044 ^a

Los promedios representan (promedios \pm SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

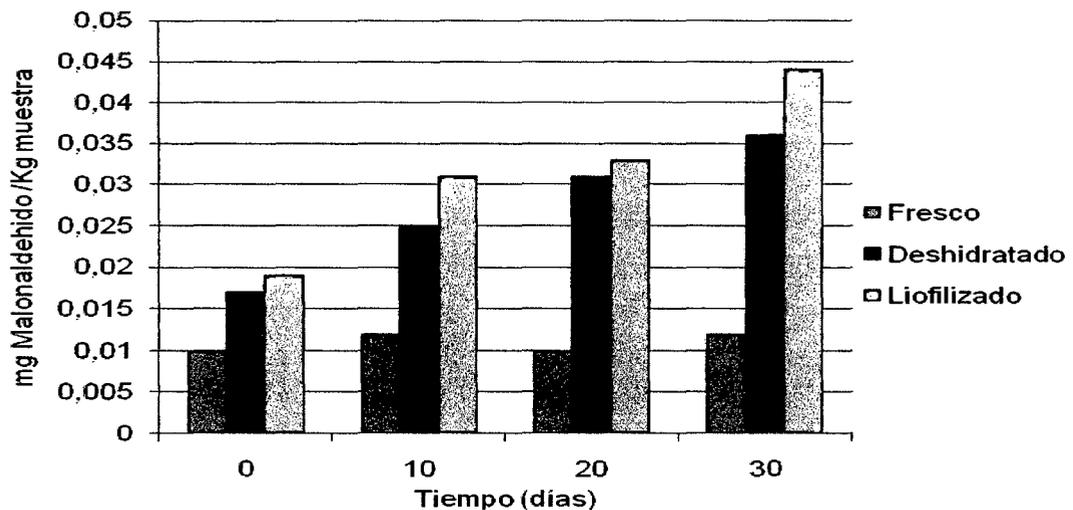


Figura 15. Comportamiento del TBA en hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

4.2.2. Evaluación sensorial.

Se realizó el análisis sensorial de las muestras de sachá culantro fresco, deshidratado a 55°C y liofilizado, las cuales fueron molidas, envasadas en sobres trilaminados y almacenados durante 30 días a temperatura ambiente; así mismo, también para cada evaluación se tuvo como testigo al sachá culantro fresco. Los atributos que se evaluaron fueron los siguientes:

4.2.2.1. Atributo color.

Los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al atributo color de los tratamientos se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Resultados del atributo color del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Fresco	2,75	2,33	2,5	2,33
Deshidratado	2,58	2,41	2,66	2,5
Liofilizado	3	3	3,17	3

4.2.2.2. Atributo aroma.

Resultados de la evaluación sensorial para el atributo aroma de los tratamientos se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados del atributo aroma del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Fresco	3,18	3,58	3,91	3,5
Deshidratado	3,16	2,08	2,33	2,66
Liofilizado	2,83	2,33	2,66	2,5

4.2.2.3. Atributo sabor.

Los resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor se muestra en el siguiente Cuadro 14.

Cuadro 14. Resultados del atributo sabor del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0	10	20	30
Fresco	3,41	3,16	3,5	3
Deshidratado	2,91	2,75	2,8	2,6
Liofilizado	3,41	3	2,75	2,9

4.2.3. Evaluación microbiológica.

Los resultados obtenidos en las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado se muestran en el Cuadro 15, los análisis fueron Numeración de Microorganismos Aerobios Viables y Numeración de Mohos y levaduras.

Cuadro 15. Resultados de la evaluación microbiológica del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado durante el almacenamiento.

Tratamientos	Tiempo (días)			
	0		30	
	NMAV	MyL	NMAV	MyL
Fresco	$4,3 \times 10^2$	$<10^2$	$4,5 \times 10^2$	$<10^2$
Deshidratado	$<10^2$	<10	$1,3 \times 10^2$	$<10^2$
Liofilizado	<10	<10	$<10^2$	$<10^2$

NMAV= Numeración de Microorganismos Aerobios Viables.

MyL = Recuento de Mohos y Levaduras.

V. DISCUSIONES.

5.1. Evaluación del comportamiento del sachá culantro secado y deshidratado.

5.1.1. Proceso de secado y deshidratado.

El comportamiento del proceso de secado y deshidratado del sachá culantro se presenta en la Figura 4. Las temperaturas utilizadas fueron 45, 55, 65°C y el secado solar; en ella podemos observar que el comportamiento fue similar en todos. En los primeros 30 minutos se observó una disminución significativa de la humedad de las hojas de sacháculantro en todas las temperaturas evaluadas. Comparando las caídas de humedad para las temperaturas de 45°C y secado solar, esta fue menos drástica en la primera hora y observando el perfil de secado a temperaturas de 55 y 65°C se observa que este fue más drástico. Esto puede ser explicado con lo mencionado por MALDONADO y PACHECO – DELAHAYE (2003) quienes indican que a mayor temperatura la evaporación del agua es más rápido. Así mismo, el mismo autor indica que la facilidad de arrastre que tiene el proceso de secado debido a la presencia de agua libre en una superficie del sólido que está suficientemente saturada y que pasa directamente de la superficie al aire de arrastre antes de los primeros 30 minutos de secado lo cual genera una fuerte caída de la humedad del sólido; luego, es moderada porque el agua primero tiene que

pasar del interior a la superficie por mecanismos de difusión. Este mecanismo es propio de alimentos altamente porosos como es el caso del sachá culantro.

Para todas las temperaturas en estudio después de 60 minutos la pérdida de agua fue mínimo debido a que la velocidad de secado es casi constante, esto se debe a que la difusión desde el interior no puede suministrar todo el líquido que se evaporaría en la superficie; es decir, el agua líquido sobre la superficie fue insuficiente para mantener una película continua que recubra todo el área de secado, en consecuencia la velocidad de transferencia de agua de la superficie al medio de arrastre disminuye, BRENNAN (1998) indica que la gráfica del proceso de secado puede descomponerse en tres fases o etapas: etapa 1 período de estabilización, con frecuencia esta fase constituye una proporción despreciable del ciclo total de secado pero, en algunos casos puede ser significativa; etapa 2 denominada período de velocidad constante, durante esta fase, la velocidad de secado depende de la transmisión de calor a la superficie. La velocidad de secado se equilibra con la velocidad de transmisión de calor, de forma que la temperatura de la superficie de secado se mantiene constante; etapa 3 en este punto la velocidad de secado comienza a descender, iniciándose el periodo de velocidad decreciente.

Con respecto al secado solar el tiempo fue mayor debido a falta de uniformidad de temperatura y humedad relativa, Según JUÁREZ (2000) el secado solar no es aconsejable, porque puede provocar cambios de oxidación, pérdida de color natural, mal aspecto y contaminación del producto.

Durante el proceso de deshidratación de las hojas de sachaculantro la humedad final en todos los tratamientos fue de 7 a 8 %, esto puede deberse a que el secado se realizó en una estufa con aire circulante, LARA *et al.* (2001) mencionan que cuando se realiza el secado sobre bandejas fijas, la temperatura de energía del aire al producto no es eficiente, así mismo, se genera la falta de uniformidad en el secado lo que afecta la humedad final del producto especialmente en el caso de hierbas aromáticas.

En general en el proceso de deshidratación a las temperaturas 45, 55 y 65°C la humedad fue casi similar después de 320 minutos. En estas temperaturas la pérdida de agua fue mayor en los primeros 30 minutos, con los valores encontrados se puede aducir que la mejor temperatura de secado fue a 65 °C desde el punto de vista tecnológico. Según MALDONADO y PACHECO - DELAHAYE (2003), hoy en día los procesos térmicos están diseñados utilizando altas temperaturas a cortos tiempos, para evitar pérdida de características nutricionales como consecuencia de los tiempos excesivos de calentamiento.

5.1.2. Evaluación fisicoquímico.

5.1.2.1. Humedad.

En el Cuadro 4 y Figura 5 se presentan los resultados del contenido de humedad en las hojas del sachaculantro secado y deshidratado almacenadas por 24 días. Los tratamientos fueron las diferentes temperaturas de secado, las evaluaciones fueron cada 8 días.

En el día 0 la humedad en los cuatro tratamientos presentó diferencia estadística significativa (Anexo III y Cuadro 17) teniendo la mayor humedad la hoja secado a 45°C (8,18 %) y el menor valor correspondió al de 65°C (7,36 %) esta variación puede ser explicado con lo mencionado por MALDONADO y PACHECO - DELAHAYE (2003) quienes indican que a diferentes temperaturas puede tener diferentes humedades. Después de 8 días de almacenamiento se encontró que entre los tratamientos existió diferencia estadística significativa (Anexo III y Cuadro 18) comparando las medias de los tratamientos mediante la prueba de tukey $P < 0,05$ se encontró que la temperatura de 45°C tuvo la mayor humedad 8,86 % y el menor correspondió fue a 55 °C (7,30 %) esta variación puede deberse a que el producto fue almacenado en sobres trilaminados y sellado impidiendo el ingreso de humedad. Según BRENNAN (1998), el uso de envases plastificados de características variadas constituye una barrera más o menos eficaz al vapor de agua en consecuencia la humedad interna del alimento no aumenta pero puede alcanzar un equilibrio.

A los 16 días de almacenamiento las muestras de sachaculantro presentó diferencia estadística significativa (Anexo III y Cuadro 19) en esta la muestra secado a 45°C también tuvo la mayor humedad 8,26% comparado al resto de tratamientos y a los 24 días la evaluación de la humedad presentó diferencia estadística significativa (Anexo III y Cuadro 20) en ella se puede observar que el tratamiento secado a 45°C aumentó se contenido de humedad 8,52% un comportamiento similar se presento en el secado solar, esto se puede deber a que el producto con humedad relativa de equilibrio baja

tiende a absorber agua particularmente en atmósfera muy húmeda tal como lo menciona BRENNAN (1998).

En conclusión se puede afirmar que el secado a 45°C y el secado solar tienen problemas de incremento de humedad durante los 24 días de almacenamiento. Por esta razón se puede considerar como tratamiento de secado adecuado a las temperaturas de 55 y 65°C.

5.1.2.2. pH.

En las hojas de sachá culantro secado y deshidratado que fueron almacenadas por 24 días se evaluó el comportamiento del pH, los resultados se presentan en el Cuadro 5 y Figura 6.

Realizado el análisis estadístico en el día 0 se encontró que existió diferencia significativa (Anexo IV y Cuadro 21) entre los tratamientos los valores encontrados están comprendidos entre 6,45 a 6,49. Según GUEVARA (2001), los alimentos bajos en ácidos son aquellos que tienen un pH 5 a 6,8 entre estos tenemos carnes, productos lácteos, productos marinos y vegetales.

En el día 8 el comportamiento fue similar entre los tratamientos, existió diferencia estadística significativa (Anexo IV y Cuadro 22) comparando los promedios el menor pH 6,34 correspondió al tratamiento de 45 °C, pero el resto de tratamientos no tuvieron cambios marcados y los valores fluctuaron entre 6,43 a 6,47, CHEFTEL y CHEFTEL (1976) indican que el pH

puede modificarse debido a la producción o consumo de ácidos o incluso por proteólisis.

A los 16 días se puede observar que el pH fue incrementando en todos los tratamientos a 55 °C fue el que tuvo el mayor pH 6,57, en todos los tratamientos existió diferencia estadística significativa (Anexo IV y Cuadro 23). En la última semana a los 24 días tuvo un comportamiento similar, también se encontró diferencia estadística significativa (Anexo IV y Cuadro 24), pero el cambio en el valor de pH no fue marcado, los valores fluctuaron en 6,36 a 6,55 esto permite aducir que las hojas de sachaculantro deshidratado y almacenado se conservaron bien, según BADUI (1984) el pH y la actividad de agua juegan un papel importante en el control de las reacciones de oscurecimiento de algunos alimentos; asimismo, KIRK *et al.* (1996) indican que durante el almacenamiento y el deterioro de los alimentos ocurren cambios por acción enzimática y desarrollo de bacterias, estos cambios dependen de manera importante de la concentración del ión hidrogeno más que de la acidez titulable presente.

5.1.2.3. Acidez.

En las hojas de sachaculantro secado y deshidratado también se evaluó la acidez porque en todos los alimentos se tiene presente ácidos orgánicos que son los sustratos que se encuentran fijados al proceso de respiración.

En el Cuadro 6 y Figura 7 se presenta el comportamiento de la acidez total de las hojas de sachaculantro deshidratado en la primera

evaluación día 0 se encontró diferencia estadística (Anexo V y Cuadro 25) entre los tratamientos, teniendo mayor acidez el tratamiento de 65°C (1,68 ml NaOH) de ácidos totales. Realizado la evaluación de los resultados en el octavo día también se encontró diferencia estadística (Anexo V y Cuadro 26) según la prueba de tukey $p < 0,05$ la mayor acidez 1,48 ml NaOH de gastó lo tiene el tratamiento de 45°C, esto puede deberse a lo reportado por KIRK *et al.* (1996) quienes mencionan que la descomposición de ácidos es acelerada por el calor y la luz, estas reacciones pueden ser acompañadas con la formación de ácidos grasos libres que pueden afectar grandemente la calidad y comestibilidad del producto.

A los 16 y 24 días de almacenamiento el comportamiento fue similar, se encontró diferencia estadística entre los tratamientos (Anexo V y Cuadro 27 y 28) según la comparación de las medias se encontró que a 45°C el valor de acidez fue mayor con un gasto de 1,33 ml NaOH, al contrario los otros tratamientos descendieron en el valor de acidez. Según PRICE y SCHWEIGERT (1994) los cambios de acidez son más intensos en los alimentos cuyas fracciones de tejidos son ricas en fosfolípidos comparado a aquellos que contienen solo lípidos neutros.

Realizando el análisis de todos los datos podemos incidir que el tratamiento cuyo secado fue a 45°C tuvo el menor cambio de acidez.

5.1.2.4. Rancidez oxidativa – ácido Tiobarbitúrico (TBA).

En el Cuadro 7 y Figura 8 se presenta los resultados de la evaluación estadística referido al comportamiento del TBA en las hojas de sachaculantro deshidratado y almacenado por 24 días.

En el día 0 entre los tratamientos se encontró diferencia estadística significativa (Anexo VI y Cuadro 29) según la prueba de tukey $P < 0,05$ todos los tratamientos tuvieron valores de mg malonaldehído/Kg de muestra diferente, fluctuando entre el menor 1,507 (65°C) y el valor mas alto fue para 2,135 mg malonaldehído /Kg muestra (45°C). Este comportamiento puede ser explicado porque las especies y hierbas aromáticas contienen aceites, aceites esenciales y oleorresinas como saborizantes y la mayoría de estos se deben utilizar deshidratadas para no contaminar el alimento al cual se adiciona, PRICE y SCHWEIGERT (1994). Por otro lado BADUI (1997) indica que la prueba del TBA es para cuantificar la oxidación de las grasa ocultas presentes en el alimento.

A los días 8, 16 y 24 de almacenamiento del sachaculantro deshidratado según el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa (Anexo VI y Cuadro 30, 31 y 32) entre los tratamientos; sin embargo, en el transcurso del tiempo en todas las evaluaciones el valor del TBA se incrementó, esto puede aducirse a lo reportado por CHEFTEL y CHEFTEL (1997) quienes mencionan que cuando se pierde humedad el enranciamiento de los lípidos se incrementa; además, SCHIFFNER y OPEL (2005) recomiendan que las especias y hierbas aromáticas antes de ser molidas deben estar protegidas

para evitar la pérdida de sus componentes volátiles, asimismo, una vez molidas los componentes volátiles tienden a evaporarse con facilidad. Por esta razón los productos deben almacenarse en ambientes con adecuada humedad relativa, temperatura controlada y envases que impidan el paso de la luz, porque sino pierden fuerza aromatizante rápidamente.

5.1.3. Evaluación sensorial.

5.1.3.1. Atributo color.

La evaluación sensorial del atributo color se realizó en los cuatro tratamientos, secado en estufa 45°C, 55°C y 65°C y solar, el tiempo de almacenamiento fue de 21 días.

De acuerdo a la escala de puntuación (Anexo I) se tuvo 5 puntos para este atributo el mejor color correspondió al “verde intensamente brillante” y el más deficiente fue “verde muy opaco”.

Durante los 7 primeros días el comportamiento fue similar para los cuatro tratamientos, tal como se muestra en la Figura 9. De acuerdo al análisis estadístico (Anexo VII y Cuadro 33 y 34) se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, teniendo estas una puntuación entre 2 a 2,5 según la escala corresponde de “verde opaco” a “verde ligeramente brillante” esto puede deberse a lo citado por BADUI (1984) que indica que la actividad de agua de los vegetales desempeñan un papel muy importante en la transformación de clorofila y feofitina, y esto provoca la pérdida de color.

Dentro de los 14 hasta 21 días tampoco se encontró diferencia estadística significativa (Anexo VII y Cuadro 35 y 36), observando la Figura 9 se tiene que los 4 tratamientos obtuvieron una puntuación alrededor de 3 cuyo valor de la escala fue “verde ligeramente brillante”, este cambio puede deberse a que el producto fue envasado en sobres trilaminados que impide al paso de la luz y humedad. Según BRENNAN (1998), muchos componentes de los alimentos son sensibles a la luz particularmente en las regiones del azul y el ultravioleta del espectro, la exposición a la luz puede causar pérdida de vitaminas, decoloración y aceleran el enranciamiento de las grasas, para evitar estos cambios se puede utilizar empaques opacos, coloreados que filtren las radiaciones de longitud de onda corta.

Así mismo las hojas de sachaculantro fueron blanqueadas a temperatura de ebullición/3 minutos antes de la deshidratación, esto mejoró gradualmente el color, este efecto puede aducirse que se debe a que el calor destruye la clorofilasa, enzima responsable de la pérdida de color de los vegetales, BADUI (1988).

5.1.3.2. Atributo aroma.

Respecto al atributo aroma, los resultados de las muestras de sachaculantro no mostraron significancia estadística (Anexo VIII), en la Figura 10 se presenta el comportamiento de este atributo.

En el día 0 (Cuadro 37) todos los tratamientos tuvieron una calificación entre 2,5 a 3 según la escala de evaluación corresponde a un

calificativo de aroma "adecuado"; a los 7 días de almacenamiento (Cuadro 38) el calificativo se elevó fluctuando entre 3 a 3,5 que corresponde a un "adecuado" y "ligeramente fuerte", después de los 14 a 21 días de almacenamiento (cuadro 39 y 40) el atributo aroma tuvo una calificación de 2,5 a 3 que corresponde al calificativo "adecuado", como se puede ver el aroma del sachaculantro deshidratado durante los días de almacenamiento no se ha perdido. Este comportamiento posiblemente se debe al tipo de empaque utilizado y las buenas condiciones de almacenamiento desarrolladas en el experimento, esto es corroborado por ARTHEY (1992) quien indica que muchos alimentos deshidratados son sensibles; asimismo, a la captación de oxígeno y a la pérdida de componentes volátiles por lo que el material debe ser envasado en empaques impermeable a los gases.

Por otro lado el sachaculantro es una hierba muy aromática, conocida también en otros países como cilantro tropical, las hojas son ricas en aldehídos alifáticos, la mayor parte son α , β -insaturados. El compuesto principal es E-2-dodecenal (60%), además 2,3,6-trimetilbenzaldehído (10%), dodecanal (7%) y E-2-tridecenal (5%) han sido identificados, RAMCHARAM (1999).

5.1.3.3. Atributo sabor.

Los resultados de la evaluación sensorial respecto al atributo sabor se presenta en la Figura 11, la evaluación se realizó por un espacio de 21 días de almacenamiento, durante este tiempo se realizaron la evaluación sensorial de 4 tratamientos, en los resultados se realizó el cálculo

estadístico (Anexo IX) y se encontró que no existió diferencia significativa (Cuadro 41, 42, 43 y 44).

Entre el día inicial 0 y los 21 días de almacenamiento la puntuación del calificativo según la escala de evaluación fluctuó entre 3 a 3,5 que tiene como calificativo "me gusta ligeramente" a "me gusta", lo que indica que durante el tiempo de almacenamiento este producto no perdió los atributos sensoriales en ninguno de los tratamientos; esto pudo deberse a que durante el almacenamiento se trató de controlar los factores externos que pueden afectar la calidad del producto, BRENNAN (1998) menciona que se debe tener cuidado en la protección frente al oxígeno, particularmente para productos con un sabor delicado.

En conclusión de acuerdo a la evaluación en los atributos color, aroma y sabor no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo existió diferencia numérica y el que tuvo el mejor comportamiento correspondió al secado a 55°C.

5.2. Evaluación del comportamiento del sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado.

5.2.1. Evaluación fisicoquímico.

5.2.1.1. Humedad.

En el Cuadro 8 y Figura 12 se presentan los resultados del contenido de humedad de las hojas de sachá culantro deshidratado y liofilizado, almacenados durante 30 días.

En el día 0 el comportamiento de humedad en los tratamientos presentó diferencia estadística significativa (Anexo X y Cuadro 45) encontrándose una mayor humedad en las hojas de sachá culantro deshidratado 7,52 % comparado al liofilizado 6,54 %, esta diferencia en cuanto al contenido de humedad puede deberse al método de deshidratación empleado, BRENNAN (1998) menciona que en el liofilizado el secado tiene lugar tres fases, inicialmente mediante la congelación se separa el agua de los componentes hidratados del producto, luego la sublimación de estos cristales elimina el agua del seno del producto y finalmente el agua residual se puede eliminar por evaporación. La eliminación de la mayor parte del agua por sublimación rinde un producto ligero, de estructura porosa, conserva el tamaño y la forma original; muchos de los inconvenientes propios de otros métodos de secado, son superados con la liofilización.

Las muestras de las hojas del sachá culantro a los 10 días de almacenamiento presentaron diferencia estadística significativa (Anexo X y Cuadro 46), comparando la media de los tratamientos mediante la prueba de tukey $P < 0,05$ se encontró que el deshidratado tuvo la mayor humedad 7,73% y el liofilizado 6,71%; justificándose este incremento a lo reportado por EARLE (1979) quien indica que para cada presión de vapor determinado, el producto alcanza un contenido de humedad en equilibrio con el entorno que se conoce como contenido de humedad de equilibrio.

A los 20 días de almacenamiento las muestras presentaron diferencia estadística significativa (Anexo X y Cuadro 47), en esta evaluación el

deshidratado tuvo 7,61% de humedad y el liofilizado 6,37%, esta variación puede deberse a que las muestras fueron envasadas y almacenadas en sobres trilaminados impidiendo el ingreso de la humedad, según BARBOSA (2000) el envasado debe ser considerado como una parte integral del procesamiento de alimentos; GERHARDT (1975) menciona que todo material para envase debe cumplir una máxima impermeabilidad posible a gases, luz y vapor de agua.

A los 30 días las muestras almacenadas presentaron diferencia estadística significativa (Anexo X y Cuadro 48) para los tratamientos, siendo el contenido de humedad para el deshidratado 7,72% y el liofilizado 6,70% esto puede deberse a que todo alimento deshidratado en un momento llega a un punto de equilibrio entre la humedad del ambiente y la propia del producto almacenado, AGUADO *et al.* (2002). Además TAINTER y GREMS (1996) señalan que las especias son higroscópicas y por eso incorporan agua en ambientes húmedos y la ceden en los secos, ambos fenómenos se desarrollan hasta que se alcanza un estado de equilibrio.

En conclusión se puede afirmar que tanto la muestra de las hojas de sachá culantro deshidratado y el liofilizado tiene un ligero incremento de humedad durante el almacenamiento.

5.2.1.2. pH.

En el Cuadro 9 y Figura 13 se presentan los resultados de las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado almacenado por 30 días y evaluadas cada 10 días.

En el día 0 de evaluación se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XI y Cuadro 49) entre los tratamientos, encontrándose que el valor de pH mas bajo corresponde a las hojas de sachá culantro fresco pH 5,81 siendo los valores mas altos para el deshidratado y liofilizado pH 6,66 y 6,60 respectivamente, QUISPE (2001) reportó pH 6,4 para la hojas de romero (*Rosmarinus affcinatis*); asimismo VARGAS (1999) menciona que el valor de pH indica la presencia de biomoléculas orgánicas en las hojas en forma iónica. A partir del día 10 de evaluación el nivel de pH empieza a descender en los tratamientos deshidratado y liofilizado, de igual modo se observó en la evaluación a los días 20 y 30 de almacenamiento, encontrándose diferencia estadística significativa (Anexo XI y Cuadro 50, 51 y 52) entre los tratamientos. Según ADAMS y MOSS (1997), la acidez o alcalinidad de un medio tiene gran influencia en al estabilidad de macromoléculas tales como las enzimas, por lo que no resulta sorprendente que tanto el crecimiento como el metabolismo de microorganismos están influenciados por el pH; de igual modo BADUI (1984) indica que la actividad de las enzimas depende mucho del medio, ya que esto afecta el grado de ionización, en caso en que los sustratos no son ionizables los grupos iónicos de las enzimas son los únicos afectados por el pH.

5.2.1.3. Acidez.

Se evaluaron también el comportamiento de la acidez en las hojas de sachá culantro fresco, deshidratado y liofilizado, en el Cuadro 10 y Figura 14 se presentan los resultados obtenidos durante 30 días de almacenamiento.

En las muestras evaluadas en el día inicial 0 se encontró que existe diferencia estadística significativa (Anexo XII y Cuadro 53) entre los tratamientos, comparando la media de los tratamientos mediante la prueba Tukey $P < 0,05$ el sachaculantro fresco tiene la menor acidez con un gasto de 0,18 ml NaOH, el deshidratado y liofilizado presentaron valores mayores con un gasto de 1,58 y 1,68 ml NaOH respectivamente, esto puede deberse a que los tratamientos térmicos producen la degradación de los monosacáridos del producto y los transforma en ácidos, BADUI (1984).

En los resultados obtenidos a los 10 días de almacenamiento (Anexo XII y Cuadro 54) se observó una disminución en el contenido de acidez en el deshidratado y liofilizado, siendo estos valores 1,03 y 1,22ml NaOH de gasto respectivamente, según ADAMS y MOSS (1997) los tejidos vegetales pueden contener antimicrobianos cuya concentración local con frecuencia aumenta como consecuencia del daño físico, en la plantas es posible que la lesión rompa células de depósito que contienen aceites esenciales. El mismo autor hace referencia que algunos constituyentes propios de los tejidos vegetales como los pigmentos, alcaloides y las resinas tienen propiedades antimicrobianas.

A los 20 y 30 días de almacenamiento el comportamiento de la acidez presenta una mínima disminución pero se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XII y Cuadro 55 y 56) entre los tratamientos, según la comparación de las medias mediante la prueba Tukey $P < 0,05$ el deshidratado presentó menor contenido de acidez, MILLER (2001) menciona

que muchos alimentos contienen importantes concentraciones de ácidos que pueden estar en forma natural, los ácidos y las base llevan acabo muchas funciones importante en los alimentos entre ellos el control del crecimiento microbiano, la inhibición del pardeamiento, la prevención de la oxidación de lípidos y el mejoramiento del sabor. Al final después de 30 días de almacenamiento el sachaculantro deshidratado presentó menor cambio en los valores de acidez, siendo estos valores más cercanos al de las hojas de sachaculantro fresco.

5.2.1.4. Rancidez Oxidativa – Acido Tiobarbitúrico (TBA).

En las hojas de sachaculantro fresco, deshidratado y liofilizado también se evaluó la rancidez oxidativa durante el almacenamiento, en el Cuadro 11 y Figura 15 se presenta el comportamiento del TBA expresado en mg malonaldehido/Kg muestra.

En la evaluación al día 0 se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XIII y Cuadro 57) mediante la prueba Tukey $P < 0,05$ se observo que el sachaculantro fresco presento el valor mas bajo 0,010 mg malonaldehido/Kg muestra y el deshidratado y liofilizado obtuvieron valores mayores 0,017 y 0,019 mg malonaldehido/Kg muestra, según AGUADO *et al.* (2001) la oxidación de lípidos es sin duda la causa principal de los productos liofilizados. Asimismo, el mismo autor menciona que esta circunstancia se ve favorecida por la porosidad del producto liofilizado y como el grueso de la oxidación transcurre durante el almacenamiento del alimento este debe envasarse al vacío o en su defecto mantenerse en una atmosfera de gases

inertes, KIRK *et al.* (1996) también hace referencia que la rancidez oxidativa se acelera por la exposición a la luz y el calor, la humedad y la presencia de metales en transición.

A los 10, 20 y 30 días de almacenamiento de las hojas de sachaculantro deshidratado y liofilizado, según el análisis estadístico se encontró diferencia significativo (Anexo XIII y Cuadro 58, 59 y 60) entre los tratamientos, durante el transcurso del tiempo los mg de malonaldehído fue incrementándose ligeramente en los tratamientos, esto puede deberse a que las muestras fueron envasadas en sobres trilaminados para evitar el contacto del producto con el oxígeno, ya que la exclusión o al menos la disminución de la presión de oxígeno en el recipiente, ha sido el método mas usado para controlar y reducir la oxidación de productos liofilizados, BARRETO (1966).

5.2.2. Evaluación sensorial.

5.2.2.1. Atributo color.

Los resultados de la evaluación sensorial del atributo color en las hojas de sachaculantro fresco, deshidratado y liofilizado almacenados por 30 días se muestran en el Cuadro 12 y de acuerdo a la escala de puntuación (A-I) se tuvo 5 puntos para este atributo siendo el mejor color “verde intensamente brillante” y el más deficiente “verde muy opaco”.

De acuerdo al análisis estadístico (Anexo XIV y Cuadro 61, 62, 63 y 64) se determinó que no existió diferencia estadística entre los tratamientos. Durante los 30 días de almacenamiento los valores para el

sachaculantro fresco y el deshidratado fue entre 2,33 a 2,50 que corresponde al calificativo "verde opaco" a "verde ligeramente brillante" y para el liofilizado estuvo alrededor entre 3,0 a 3,17 "verde ligeramente brillante", esto puede deberse a lo mencionado por AGUADO *et al.* (2001), quienes indica que la alteración del color de los alimentos es una consecuencia de la oxidación de los pigmentos liposolubles como la clorofila, este proceso esta favorecido por la temperatura y el contenido de humedad del alimento, de igual manera BARBOSA (2000) menciona que la exposición a la luz puede provocar perdida en vitaminas, disminución del color y degradación de grasas, por tal motivo el envasado debe ser opaco o coloreado para evitar la luz de corta longitud de onda.

5.2.2.2. Atributo aroma.

Los resultados obtenidos de las muestras de sachaculantro para el atributo aroma se presentan en el Cuadro 13 y no se encontró diferencia estadística significativa (Anexo XIV) entre los tratamientos.

Durante los 10 primeros días (Cuadro 65 y 66) el fresco y el deshidratado tuvieron una puntuación alrededor de la escala 3 que corresponde al calificativo "ligeramente fuerte" y el liofilizado tuvo alrededor de 2 que corresponde al "ligeramente pobre", según GERHARDT (1975) las especias conservan mejor su calidad si va incorporada a un excipiente, ya que este posee la capacidad para retener los aceites etéreos e impedir así que se volatilicen. Además los niveles de humedad demasiado bajos también causan problemas de almacenamiento, las especias muy secas una vez molidas

pierden aroma más rápidamente que las que tienen mayores niveles de humedad. En los días 20 y 30 de almacenamiento (Cuadro 67 y 68) tanto el deshidratado y el liofilizado tuvieron valores entre 2,33 a 2,66 que corresponde a “ligeramente fuerte”, la estimación de los aceites volátiles de las especias constituyen también una buena medida de la edad y de las condiciones de procesado, las especias molidas pierden lentamente su aroma y su aceite volátil después de periodos de almacenamiento, TAINTER y GREMS (1996).

5.2.2.3. Atributo sabor.

Los resultados de la evaluación sensorial respecto al atributo sabor se presenta en Cuadro 14 los resultados se obtuvieron durante los 30 días de almacenamiento, se realizó el cálculo estadístico y no se encontró que existió diferencia significativa (Anexo XV).

En los 10 primeros días (Cuadro 69 y 70) las hojas de sachaculantro fresco y liofilizado tuvieron valores alrededor de 3 que corresponde al calificativo “me gusta ligeramente” y el deshidratado alrededor de la escala 2 “me disgusta ligeramente” esto se puede explicar con lo mencionado por BRENNAN (1998) quien señala que el aroma y sabor de los alimentos se debe a ciertos componentes orgánicos y volátiles con presión de vapor de agua superior a la del agua, esta pérdida de volatilidades da lugar a perdidas de aromas y sabores durante la deshidratación. Cabe mencionar también que según AGUADO *et al.* (2001) el aroma y sabor de un producto liofilizado se conserva mejor durante su tratamiento, los componentes volátiles disponibles de estas propiedades permanecen en la fracción seca del alimento.

Los valores de puntuación en los días 20 y 30 (Cuadro 71 y 72) fueron 2,60 y 2,90 para el deshidratado y el liofilizado, que corresponde al calificativo “me disgusta ligeramente”.

5.2.3. Evaluación microbiológica.

En las muestras de sachaculantro fresco, deshidratado y liofilizado almacenado durante 30 días se ejecutó la numeración de microorganismos aerobios viables (NMVA) y el recuento de mohos y levaduras (M y L) tal como se muestra en el Cuadro 15.

En el día 0 de almacenamiento la NMAV para el fresco fue $4,3 \times 10^2$ ufc/g, el deshidratado y liofilizado $<10^2$ y <10 ufc/g respectivamente, para mohos y levaduras (MyL) $<10^2$ en el fresco y <10 en el fresco y liofilizado, esto se puede explicar con lo mencionado por ADAMS y MOSS (1997) que algunos o la mayor parte de microorganismos del suelo y del agua contaminan las plantas y persisten en los vegetales gracias a su capacidad para adherirse a la superficie de la planta de modo que no son fácilmente eliminados por el lavado y porque son capaces de satisfacer sus necesidades nutritivas, además según MOSSEL (1985) la estabilidad de algunos alimentos frente a la invasión por microorganismos es debido a la presencia en aquellos de ciertas sustancias naturales, en los que se ha demostrado la existencia de actividad antimicrobiana tal es el caso de las especias que contienen aceites esenciales, el mismo autor indica que la conservación de alimentos por desecación es consecuencia directa de la exposición o de la ligazón de la humedad, sin la cual los microorganismos no se multiplican.

A los 30 días de almacenamiento se encontró la NMAV para el fresco $4,5 \times 10^2$ ufc/g, deshidratado $1,3 \times 10^2$ ufc/g y liofilizado $<10^2$ ufc/g, mohos y levaduras (MyL) $<10^2$ en todos los tratamientos, NICKERSON y SINSKEY (1978) indican que las especias mucho tiempo almacenadas pierden parte de su aceite etéreo y disminuyen su poder bactericida siendo fácil presa del ataque de microorganismos, que trasladan luego a los alimentos que se incorporan.

VI. CONCLUSIONES.

1. Del proceso de secado y deshidratado del "sacha culantro" con los siguientes parámetros: recepción, cortado/ selección, lavado, blanqueado (T° de ebullición/3 min), oreado (T° ambiente / 2hr), secado (secado solar y deshidratado en estufa a temperaturas de 45,55 y 65°C), molido (tamiz 1mm), empacado y sellado en sobres trilaminados, el deshidratado a 55°C y almacenado por 24 días tiene un mejor comportamiento y presentó los siguientes valores: humedad 7,51%, pH 6,55, acidez 0,82 (ml NaOH), TBA 2,073 (mg malonaldehído/kg muestra), color "verde ligeramente brillante", aroma "ligeramente fuerte" y sabor "me gusta".
2. Después de 30 días de almacenamiento del "sacha culantro" deshidratado a 55°C y liofilizado, los resultados del "sacha culantro" liofilizado fueron mejores , registrándose los siguientes valores: humedad 6,70%, pH 6,22, acidez 1,28 (ml NaOH), TBA 0,044 (mg malonaldehído/kg muestra), color "verde ligeramente brillante", aroma "ligeramente fuerte" y sabor "me gusta", Numeración de Microorganismos Aerobios Viables $<10^2$ ufc/g.y mohos y levaduras $<10^2$ ufc/g; comparando el deshidratado, liofilizado y el no procesado (fresco) el mejor fue el sacha culantro liofilizado seguido por el deshidratado a 55°C.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Promover y comercializar el sachá culantro deshidratado o liofilizado por que presentan buenas características fisicoquímicas y organolépticas.
2. Cuantificar los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante del sachá culantro deshidratado y liofilizado.
3. Realizar mezclas con otras especies aromáticas de la región para ofrecer como condimentos para comidas étnicas.
4. Realizar la cuantificación colorimétrica de las hojas de sachá culantro en los diferentes tipos de procesos.

VIII. ABSTRACT.

This research work was developed in the laboratories of meat and CIPNA-UNAS, Leaves of "sacha coriander" collected from the micro watershed Pavas Cave located in the district Mariano Damaso Beraun, Leoncio Prado province of Huanuco region, for the drying process and dried had the following parameters are: reception, cutting / sorting, washing, bleaching (boiling temperature/3 minutes), draining (environment temperature/2hours), dehydrated (solar drying and dehydration in an oven at 45 , 55 and 65 °C), ground (sieve 1 mm), packed and sealed in envelopes trilaminated and stored for 24 days for to assess the physicochemical and sensory properties. From the results obtained to the best treatment corresponded dehydrated at 55 °C registering the following values: moisture 7,51%, pH 6,55, acidity 0,82 (ml NaOH), TBA 2,073 (mg malonaldehyde / kg sample) color "green slightly brighter", aroma "moderately strong" and taste "like it", the same treatment and sample of freeze-dried sacha coriander (UNALM) were stored for 30 days and was considered as standard the fresh in each evaluation, the best treatment of this evaluation was of freeze-dried "sacha coriander" with results of 6,70% moisture, pH 6,22, acidity 1,28 (ml NaOH), TBA 0,044 (mg malonaldehyde / kg sample) color "green slightly brighter", aroma "moderately strong" and "taste like", Viable Aerobic Microorganisms Numbering $<10^2$ ufc/g and molds and yeast $<10^2$ ufc/g. Comparing the "sacha coriander" dried, dehydrated, freeze-dried and

unprocessed (fresh), the sample freeze-dried performs best followed by dehydrated at 55 ° C.

Keywords: sacha coriander evaluation dehydrated (dried), storage, conservation, leaves.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

AOAC. 1964. Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International. Agriculture Chemicals, Contaminants and drugs. ISED Gaitdthersburg Md. USA AOAC international. 1141 p.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International. Agriculture Chemicals, Contaminants and drugs. 15 DC. Gaitthersdurg, Md., USA, AOAC international. 318-325 p.

AGAPITO, T. 1995. Tabla de composición de los alimentos. Editorial Isabel. 23 p.

AGUADO, J.; CALLES, J.; CAMIZARES, P.; LÓPEZ, B. y SANTOS, A. 2002. Ingeniería de la industria alimentaria III. Editorial síntesis. Madrid-España. p 165 , pp 232-235.

ARTHEY, D. 1992. Procesado de hortalizas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 156-160.

ASQUIERI, R. 2008. Curso internacional de espectrofotometría. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 10 p.

BADUI, J. 1984. Química de los alimentos. Editorial Alambra. México. p 65 , p 185.

BADUI, J. 1988. Diccionario de tecnología de los alimentos. Editorial Alambra. México. p 158.

BARBOSA, G. 2000. Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 203-260.

BARRETO, H. 1966. Un método de secado para alimentos. Lima, Perú. pp 16-18.

BRENNAN, J. 1998. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia. España. pp 67-70.

CARRIÓN, J. 2008. Evaluación de la actividad antioxidante de la yema terminal de guanábana (*Annona muricata L.*) en tres niveles de altitud de la provincia de Leoncio Prado. Tesis Industrias Alimentaria. UNAS. Tingo María, Perú. 65 p.

CASTRO, A. 2000. Procesamiento de las hierbas aromáticas: Deshidratación. Castro Suárez consultores E.U. [En línea]: www.humbolt.org.co/obio/simbio/documentos/aceite_vetiver_castro_consultores.pdf. USA. 34 p.

CÉSPEDES, A. 1988. Liofilización de los alimentos. Universidad de Lima, Perú.
212 p.

CHEFTEL, J. y CHEFTEL, H. 1976. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 315 p.

COCHRAN, W. y COX, M. 1974. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México, pp 487-495.

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. 1995. Código de prácticas de higiene para especias y plantas aromáticas desecadas. [en línea]<http://www.codexalimentarius.com./códigos>. 54 p.

CORNELL, P. y KANAP, J. 1972. Replicated composite incomplete block desing for sensory experiments. Departaments of statistics and food science, university Florida Garmeseville. pp 23-30.

EARLE, R. 1979. Ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia. España. 153 p

ESPINOZA, S. 1993. Extracto de las hojas de kutzu (*Pueraria phaseoloides* L.) para alimentación humana. Tesis Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María. 79 p.

GERHARDT, D. 1975. Especias y condimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 14-15, p 70, pp 102-115.

GUEVARA, A. 2001. Conservación de alimentos. UNA – La Molina. Lima, Perú.
41p.

HANNAN, S. y MONDRAGÓN, P. 2006. *Eryngium Foetidum* L. [en línea]:
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/apiaceae/eryngium-foetidum/fichas/ficha.htm>. Nov 2006. México.

HEREDIA, J.; TELLO, B.; MEDDINA, M.; MENEGALLI, F. y MENDIETA, O.
2002. Air drying of sachaculantro (*Eryngium foetidum* L.) leaves.
Proceedings of the international drying symposium (IDS' 2002). Tarapoto,
Peru. 10 p.

ICMFS, 1983. Microorganismos de alimentos. Técnicas de análisis
microbiológico. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Vol. I. pp 48-73.

INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP. 1998. Técnicas de
secado. Ediciones ITAG. Perú. 61 p.

JUAREZ, E. 2000. Uso de la energía solar en deshidratación de futas y
verduras. [En línea]:
www.cienciasaplicadas.buap.mx/convocatoria/memorias_2005/017.pdf.
Benemérita Universidad autónoma de Puebla. Facultad de Ingeniería
Química. Puebla, México. 20 p.

KIRK, R.; SAWYER, R. y EGAN, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Editorial continental. México D.F. 17 p.

LARA, M.; CASSINERA, A. y BUSILACCHI, H. 2001. Secadero de hierbas aromáticas en la provincia de santa fe: diseño construcción y mejoras. Avances en energías renovables y medio ambiente. Vol. 5. Santa Fe, Argentina. 02.25 – 02.29 p.

MAFART, P. 1974. Ingeniería Industrial Alimentaria. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 232 p.

MALDONADO, R. y PACHECO-DELAHAYE, S. 2003. Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica Plenck*) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L). Vol. 20. Caracas, Venezuela. 13 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2006. Sachaculantro. [En Línea]:<http://www.minag.gob.pe/agricola/productivas.shtml>,04 Mayo 2006. República del Perú.

MILLER, D. 2001. Química de los alimentos. Editorial Limusa Wiley. México. p 62, p 79, p 111.

MULLER, G. 1981. Microbiología de los alimentos vegetales. Editorial Acribia. Zaragoza – España. pp 150-153.

- NICKERSON, J. y SINSKEY, A. 1978. Microbiología de los alimentos y su proceso de elaboración. Editorial Acribia. España. 284 p.
- PAKKONEN, K.; MALMSTEN, T. y HYVONEN, L. 1990. Drying, packaging and storage effects on quality of Basil, marjoram and wild marjoram. *Journal of food science* – vol. 55, nº 5. pp 373-375.
- PEARSON, P. 1986. Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Zaragoza, España. Ed. Acriba. 76 p.
- PRICE, A. y SCHWEIGERT M. 1994. Ciencia de la carne y de los productos carnicol. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 422-423.
- QUISPE, R. 2001. Obtención del extracto de romero (*Rosmarinus officinalis L.*) y su aplicación con antioxidante en chuletas de cerdo. Tesis. Industrias alimentarias. Tingo María. 76 p.
- RAMCHARAM, C. 1999. Culantro: A much utilized, little understood herb. p. 506–509. In: J. Janick (ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, pp 506-509.
- SAENZ, T.; FERNÁNDEZ, A. y GARCÍA, D. 1997. Antiinflammatory and analgesic properties from leaves of *Eryngium foetidum L.* Sevilla, España. 35 p.

SCHIFNER, E. y OPEL, J. 2005. Elaboración casera de carnes y embutidos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 250 p.

SINGH, P.1984. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 225 p.

TAINTER, D. y GREMS, A. 1996. Especies y aromatizantes alimenarios. Editorial Acribia. España. pp 9-15.

UNIVERSIDAD DE INGENIERIA. Centro De Energías Renovables.1991. Teoría y práctica del secado solar. Lima, Perú. 27 p.

VARGAS, C. y VALDIVIA, E. 1999. Compendio: sistemas agroforestales. UNAS. Tingo María: 103 p.

VEGA, R. 2001. Elaboración de hoja de erythrina (*Erythrina edullis L.*) para alimentación humana. Tesis Industrias Alimentaria. UNAS. Tingo María, Perú. 67 p.

VOCHELLE, J. 1969. Frío Industrial y Doméstico. Editorial Aedos. España. pp 16 -19.

X. ANEXO.

Anexo I.

Cartilla de evaluación.

Nombre : Fecha:.....

Producto: Sacha culantro Hora :

Atributo color

Observe minuciosamente el producto en seco y marque conveniente.

MUESTRA

ESCALA		
Verde intensamente brillante		
Verde brillante		
Verde ligeramente brillante		
Verde opaco		
Verde muy opaco		

Atributo aroma

Valiéndose de sus fosas nasales, perciba el aroma de producto y marque la escala conveniente.

MUESTRA

ESCALA		
Muy fuerte		
Ligeramente fuerte		
Adecuado		
Ligeramente pobre		
Muy pobre		

Atributo sabor

Pruebe la muestra y marque la escala que crea conveniente.

MUESTRA

ESCALA		
Me gusta mucho		
Me gusta		
Me gusta ligeramente		
Me disgusta ligeramente		
Me disgusta mucho		

Anexo II.

Cuadro 16. Análisis químico proximal de las hojas de sachá culantro fresco.

Componentes	Fresco (%)	
	BH	BS
Humedad	86,09	-----
Proteína	2,11	15,17
Grasa	0,66	4,77
Ceniza	1,85	13,36
Fibra	1,82	13,09
Carbohidratos	7,45	53,60

Anexo III.

Cuadro 17. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	2,13966667	0,71322222	58,82	*
Error	8	0,09700000	0,01212500		
Total correcto	11	2,23666667			

$R^2 = 0,956632$ $CV = 1,405107$ $MSE = 0,11011358$ $Media = 7,83666667$

Cuadro 18. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	3,48015833	1,16005278	40,20	*
Error	8	0,23086667	0,02885833		
Total correcto	11	3.71102500			
$R^2=0,937789$ C.V=2,146950 MSE=0,16987741 Media=7,91250000					

Cuadro 19. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,94686667	0,31562222	11,25	*
Error	8	0,22440000	0,02805000		
Total correcto	11	1,17126667			
$R^2=0,808413$ C.V=2,100519 MSE=0,16748134 Media=7,97333333					

Cuadro 20. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	2,48475833	0,82825278	29,03	*
Error	8	0,22826667	0,02853333		
Total correcto	11	2,71302500			
$R^2=0,915863$ C.V=2,114781 MSE= 0,16891813 Media=7,98750000					

Anexo IV.

Cuadro 21. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,00275833	0,00091944	11,03	*
Error	8	0,00066667	0,00008333		
Total correcto	11	0,00342500			
$R^2 = 0,805353$ C.V= 0,141038 MSE= 0,00912871 Media=6,47250000					

Cuadro 22. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,02782500	0,00927500	123,67	*
Error	8	0,00060000	0,00007500		
Total correcto	11	0,02842500			
$R^2 = 0,978892$ C.V= 0,134842 MSE=0,00866025 Media=6,42250000					

Cuadro 23. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,02070000	0,00690000	82,80	*
Error	8	0,00066667	0,00008333		
Total correcto	11	0,02136667			
$R^2 = 0,968799$ C.V=0,140190 MSE=0,00912871 Media=6,51166667					

Cuadro 24. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro seco y deshidratado a los 24 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,05849167	0,01949722	194,97	*
Error	8	0,00080000	0,00010000		
Total correcto	11	0,05929167			
$R^2=0,986507$ $C.V=0,155059$ $MSE=0,01000000$ $Media=6,44916667$					

Anexo V.

Cuadro 25. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachá culantro seco y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,61750000	0,20583333	247,00	*
Error	8	0,00666667	0,00083333		
Total correcto	11	0,62416667			
$R^2=0,989319$ $C.V=2,049764$ $MSE=0,02886751$ $Media=1,40833333$					

Cuadro 26. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachá culantro seco y deshidratado a los 8 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,55750000	0,18583333	99,11	*
Error	8	0,01500000	0,00187500		
Total correcto	11	0,57250000			
$R^2=0,973799$ $C.V=3,849002$ $MSE=0,04330127$ $Media=1,12500000$					

Cuadro 27. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,35895833	0,11965278	143,58	*
Error	8	0,00666667	0,00083333		
Total correcto	11	0,36562500			
$R^2 = 0,981766$ $C.V = 0,981766$ $MSE = 0,02886751$ $Media = 1,03750000$					

Cuadro 28. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,33562500	0,11187500	28,26	*
Error	8	0,03166667	0,00395833		
Total correcto	11	0,36729167			
$R^2 = 0,913783$ $C.V = 6,651837$ $MSE = 0,06291529$ $Media = 0,94583333$					

Anexo VI.

Cuadro 29. Análisis de varianza de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,59456308	0,19818769	21,01	*
Error	8	0,07546027	0,00943253		
Total correcto	11	0,67002335			
$R^2 = 0,887377$ $CV = 5,363863$ $MSE = 0,097121$ $Media = 1,810658$					

Cuadro 30. Análisis de varianza de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 8 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,02393547	0,00797849	2,85	*
Error	8	0,02241954	0,00280244		
Total correcto	11	0,04635501			
$R^2 = 0,516351$ $CV = 2,811296$ $MSE = 0,052938$ $Media = 1,883050$					

Cuadro 31. Análisis de varianza de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 16 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,37457160	0,12485720	30,50	**
Error	8	0,03275220	0,00409403		
Total correcto	11	0,40732380			
$R^2 = 0,919592$ $CV = 3,842225$ $MSE = 0,063985$ $Media = 1,665300$					

Cuadro 32. Análisis de varianza de la evaluación de TBA del sachá culantro secado y deshidratado a los 24 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	3	0,11305466	0,03768489	14,14	*
Error	8	0,02132442	0,00266555		
Total correcto	11	0,13437908			
$R^2 = 0,841311$ $CV = 2,558519$ $MSE = 0,051629$ $Media = 2,017925$					

Anexo VII.

Cuadro 33. Resultados del análisis sensorial para el atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Panelista	Tratamiento				Σ Bloques
	T1	T2	T3	T4	
1	1	2			3
2			3	2	5
3	3		4		7
4		2		1	3
5	3			4	7
6		2	3		5
Σ	7	6	10	7	30
X _{aj}	2,25	2,583	2,75	2,417	

ANVA para el atributo color.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	6,0			
Tratamiento ajustado	3	2,5	0,8333	1	ns
Error Intra Bloques	3	2,5	0,8333		
TOTAL	11	11			

Cuadro 34. ANVA para el atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	0,5000			
Tratamientos ajustado	3	2,7500	0,9167	0,80488	ns
Error Intra Bloques	3	3,4167	1,1389		
TOTAL	11	6,6667			

Cuadro 35. ANVA para el atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	0,0000			
Tratamientos ajustado	3	2,5000	0,8333	0,78947	ns
Error Intra bloques	3	3,1667	1,0556		
TOTAL	11	5,6667			

Cuadro 36. ANVA para el atributo color del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	2,25			
Tratamientos ajustado	3	3,75	1,25	1,667	ns
Error Intra Bloques	3	2,25	0,75		
TOTAL	11	8,25			

Anexo VIII.

Cuadro 37. Resultados del análisis sensorial del atributo aroma del sachaculantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Panelista	Tratamiento				Σ Bloques
	T1	T2	T3	T4	
1	3	2			5
2			3	2	5
3	2		4		6
4		2		3	5
5	3			2	5
6		3	4		7
Σ	8	7	11	7	33
Xaj	2,75	2,5	3,083	2,667	

ANVA para el atributo aroma.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	1,25			
Tratamientos ajustado	3	3,25	1,0833	1,85714	ns
Error Intra Bloques	3	1,75	0,5833		
TOTAL	11	6,25			

Cuadro 38. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	13,0000			
Tratamientos ajustado	3	1,5000	0,5000	0,69231	ns
Error Intra Bloques	3	2,1667	0,7222		
TOTAL	11	16,667			

Cuadro 39. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	2,750			
Tratamientos ajustado	3	2,500	0,8333	1,5	ns
Error Intra Bloques	3	1,667	0,5556		
TOTAL	11	6,917			

Cuadro 40. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	2,25			
Tratamientos ajustado	3	1,75	0,5833	0,77778	ns
Error Intra Bloques	3	2,25	0,7500		
TOTAL	11	6,25			

Anexo VIX.

Cuadro 41. Resultados del análisis sensorial del atributo sabor del sachaculantro secado y deshidratado a los 0 días de almacenamiento.

Panelista	Tratamiento				Σ Bloques
	T1	T2	T3	T4	
1	3	4			7
2			4	4	8
3	3		4		7
4		3		4	7
5	4			2	6
6		2	3		5
Σ	10	9	11	10	40
X_{aj}	3,3333	3,25	3,5	3,25	

ANVA para el atributo sabor.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	0,500			
Tratamientos ajustado	3	0,750	0,2500	0,13846	ns
Error Intra Bloques	3	5,4167	1,8056		
TOTAL	11	6,6667			

Cuadro 42. ANVA para el atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 7 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	2,2500			
Tratamientos ajustado	3	1,7500	0,5833	0,6	ns
Error Intra Bloques	3	2,9167	0,9722		
TOTAL	11	6,9167			

Cuadro 43. ANVA para el atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 14 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	1,0000			
Tratamientos ajustado	3	0,5000	0,1667	0,15789	ns
Error Intra Bloques	3	3,1667	1,0556		
TOTAL	11	4,6667			

Cuadro 44. ANVA para el atributo sabor del sachá culantro secado y deshidratado a los 21 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques No ajustado	5	0,2500			
Tratamiento ajustado	3	3,7500	1,2500	4,09091	ns
Error Intra Bloques	3	0,9167	0,3056		
TOTAL	11	4,9167			

Anexo X.

Cuadro 45. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro deshidratado y liofilizado a 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	1	1,40166667	1,40166667	556,95	*
Error	4	0,01006667	0,00251667		
Total correcto	5	1,41173333			
<hr/>					
$R^2=0,992869$		C.V=0,714282	MSE=0,05016639	Media=7,02333333	

Cuadro 46. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro deshidratado y liofilizado a 10 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	1	1,56060000	1,56060000	807,21	*
Error	4	0,00773333	0,00193333		
Total correcto	5	1,56833333			
<hr/>					
$R^2=0,995069$		C.V=0,608717	MSE=0,04396969	Media=7,22333333	

Cuadro 47. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro deshidratado y liofilizado a 20 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	1	2,28166667	2,28166667	2976,09	*
Error	4	0,00306667	0,00076667		
Total correcto	5	2,28473333			
<hr/>					
$R^2=0,998658$		C.V=0,395931	MSE=0,02768875	Media=6,99333333	

Cuadro 48. Análisis de varianza de la evaluación de humedad del sachaculantro deshidratado y liofilizado a 30 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	1	1,56060000	1,56060000	83,75	*
Error	4	0,07453333	0,01863333		
Total correcto	5	1,63513333			
<hr/>					
R ² =0,954418 C.V=1,892384 MSE=0,13650397 Media=7,21333333					

Anexo XI.

Cuadro 49. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,33446667	0,66723333	395,07	**
Error	6	0,01013333	0,00168889		
Total correcto	8	1,34460000			
<hr/>					
R ² = 0,992464 C.V = 0,646165 MSE = 0,041096 Media = 6,360000					

Cuadro 50. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,27286667	0,63643333	274,06	**
Error	6	0,01393333	0,00232222		
Total correcto	8	1,28680000			
<hr/>					
R ² = 0,989172 C. V = 0,787409 MSE = 0,048189 Media = 6,120000					

Cuadro 51. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,41786667	0,70893333	25727	**
Error	6	0,01653333	0,00275556		
Total correcto	8	1,43440000			
$R^2 = 0,988474$ C.V = 0,873434 MSE = 0,052493 Media = 6,010000					

Cuadro 52. Análisis de varianza de la evaluación de pH del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,14042222	0,57021111	1026,38	**
Error	6	0,00333333	0,00055556		
Total correcto	8	1,14375556			
$R^2 = 0,997086$ CV = 0,396657 MSE = 0,023570 Media = 5,942222					

Anexo XII.

Cuadro 53. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	4,22000000	2,11000000	2532,00	*
Error	6	0,00500000	0,00083333		
Total correcto	8	4,22500000			
$R^2 = 0,998817$ C.V = 2,510219 MSE = 0,02886751 Media = 1,15000000					

Cuadro 54. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,52388889	0,76194444	914,33	*
Error	6	0,00500000	0,00083333		
Total Correcto	8	1,52888889			
$R^2=0,996730$ C.V =3,441161 MSE= 0,02886751 Media= 0,83888889					

Cuadro 55. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	1,74055556	0,87027778	1566,50	*
Error	6	0,00333333	0,00055556		
Total correcto	8	1,74388889			
$R^2 =0,998089$ C.V =2,737188 MSE =0,02357023 Media= 0,86111111					

Cuadro 56. Análisis de varianza de la evaluación de acidez del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	2,27388889	1,13694444	2046,50	*
Error	6	0,00333333	0,00055556		
Total correcto	8	2,27722222			
$R^2 = 0,998536$ C.V=2,344000 MSE =0,02357023 Media=1,00555556					

Anexo XIII.

Cuadro 57. Análisis de varianza de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 0 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	0,00012558	0,00006279	160,08	*
Error	6	0,00000235	0,00000039		
Total correcto	8	0,00012793			
<hr/>					
$R^2=0,981604$	$C.V=3,986201$	$MSE=0,00062628$	$Media=0,01571111$		

Cuadro 58. Análisis de varianza de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 10 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	0,00056252	0,00028126	678,64	*
Error	6	0,00000249	0,00000041		
Total correcto	8	0,00056500			
<hr/>					
$R^2=0,995599$	$C.V=2,757717$	$MSE=0,00064377$	$Media=0,02334444$		

Cuadro 59. Análisis de varianza de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 20 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	0,00099612	0,00049806	486,70	*
Error	6	0,00000614	0,00000102		
Total correcto	8	0,00100226			
<hr/>					
$R^2=0,993874$	$C.V= 4,049998$	$MSE=0,00101160$	$Media=0,02497778$		

Cuadro 60. Análisis de varianza de la evaluación del TBA del sachá culantro deshidratado liofilizado y fresco a 30 días de almacenamiento.

Fuente	GL	SC	CM	FV	Sig.
Modelo	2	0,00170595	0,00085297	905,28	*
Error	6	0,00000565	0,00000094		
Total correcto	8	0,00171160			
$R^2=0,996697$ $C.V=3,124511$ $MSE=0,00097068$ $Media=0,03106667$					

Anexo XIV.

Cuadro 61. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 0 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	1,21667	0,60833	0,9125	ns
Panelista	11	12,7167	1,15606	0,99414	ns
P x T	22	25,5833	1,16288	1,74432	ns
Error	24	16,0000	0,66667		
Total	59	55,5167			

Cuadro 62. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco, con respecto al atributo color a los 10 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	2,65417	1,32708	5,79091	ns
Panelista	11	4,00417	0,36402	0,38234	ns
P x T	22	20,9458	0,95208	4,15455	ns
Error	24	5,5	0,22917		
Total	59	33,1042			

Cuadro 63. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco, con respecto al atributo color a los 20 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	2,02917	1,01458	1,87308	ns
Panelista	11	5,12917	0,46629	0,44082	ns
P x T	22	23,2708	1,05777	1,9528	ns
Error	24	13,0000	0,54167		
Total	59	43,4292			

Cuadro 64. ANVA para el atributo color del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 30 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	2,25417	1,12708	7,72857	ns
Panelista	11	8,00417	0,72765	1,07830	ns
P x T	22	14,8458	0,67481	4,62727	ns
Error	24	3,5000	0,14583		
Total	59	28,6042			

Anexo XIV.

Cuadro 65. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 0 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	2,85	1,42500	1,03636	ns
Panelista	11	20,50	1,86364	1,42114	ns
P x T	22	28,85	1,31136	0,95372	ns
Error	24	33,00	1,37500		
Total	59	85,20			

Cuadro 66. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 10 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	23,15	11,57500	39,68570	ns
Panelista	11	18,45	1,67727	2,40391	ns
P x T	22	15,35	0,69773	2,39221	ns
Error	24	7,00	0,29167		
Total	59	63,95			

Cuadro 67. ANVA para el atributo aroma del sachá culantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 20 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	21,1542	10,5771	26,72110	ns
Panelista	11	18,3542	1,66856	1,80422	ns
P x T	22	20,3458	0,92481	2,33636	ns
Error	24	9,5000	0,39583		
Total	59	69,3542			

Cuadro 68. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 30 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	11,25	5,62500	15,88240	ns
Panelista	11	9,75	0,88636	1,20743	ns
P x T	22	16,15	0,73409	2,07273	ns
Error	24	8,50	0,35417		
Total	59	45,65			

Anexo XV.

Cuadro 69. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 0 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	1,5125	0,75625	0,55000	ns
Panelista	11	17,2125	1,56477	1,46567	ns
P x T	22	23,4875	1,06761	0,77645	ns
Error	24	33,0000	1,37500		
Total	59	75,2125			

Cuadro 70. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 10 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	2,45417	1,22708	4,20714	ns
Panelista	11	15,8542	1,44129	2,15032	ns
P x T	22	14,7458	0,67027	2,29805	ns
Error	24	7,0000	0,29167		
Total	59	40,0542			

Cuadro 71. ANVA para el atributo aroma del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 20 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	9,82917	4,91458	6,04872	ns
Panelista	11	29,0792	2,64356	2,28333	ns
P x T	22	25,4708	1,15777	1,42494	ns
Error	24	19,5000	0,81250		
Total	59	83,8792			

Cuadro 72. ANVA para el atributo sabor del sachaculantro deshidratado, liofilizado y fresco a los 30 días de almacenamiento.

F V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento	2	1,26667	0,63333	0,80000	ns
Panelista	11	14,76670	1,34242	3,34340	ns
P x T	22	8,83333	0,40152	0,50718	ns
Error	24	19,00000	0,79167		
Total	59	43,86670			